



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**TEMA: “CREACIÓN DE UNA APLICACIÓN MULTIMEDIA PARA
MANTENIMIENTO TÉCNICO BASADO EN EL MODELAMIENTO DIGITAL DE
UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN CON REALIDAD AUMENTADA”**

AUTOR: CUERTÁN PONCE PABLO STEVEN

DIRECTOR: ING. RAMIRO ANDRÉS ROSERO AÑAZCO MSc.

Ibarra, mayo 2021

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es **“CREACIÓN DE UNA APLICACIÓN MULTIMEDIA PARA MANTENIMIENTO TÉCNICO BASADO EN EL MODELAMIENTO DIGITAL DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN CON REALIDAD AUMENTADA”** presentado por el señor: **PABLO STEVEN CUERTÁN PONCE** con número de cédula 100403971-3, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 3 días del mes de mayo del 2021.

Atentamente

Ing. RAMIRO ANDRÉS ROSERO AÑAZCO MSc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004039713		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Cuertán Ponce Pablo Steven		
DIRECCIÓN:	13 de abril y Ambato-Ibarra		
EMAIL:	pscuertanp@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0981984845

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	CREACIÓN DE UNA APLICACIÓN MULTIMEDIA PARA MANTENIMIENTO TÉCNICO BASADO EN EL MODELAMIENTO DIGITAL DE UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN CON REALIDAD AUMENTADA.
AUTOR (ES):	Cuertán Ponce Pablo Steven
FECHA:	3/5/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Ramiro Andrés Rosero Añazco MSc.

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 3 días del mes de mayo de 2021

EL AUTOR:


 Nombre: Cuertán Ponce Pablo Steven
 1004039713

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado para mi madre que siempre ha estado apoyándome en todas las etapas de mi vida, siendo inspiración para concluir este trayecto.

A mi familia, que es la razón de mi vida, apoyo para cumplir mis objetivos y el motor que me permite a diario superar los obstáculos.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, que me brindaron sus conocimientos para poder culminar esta meta y también agradecer a las instituciones que aportaron con su granito de arena para poder desarrollar este trabajo de grado.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	XIV
ABSTRACT	XV
CAPÍTULO I	1
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	1
1.1 Antecedentes	1
1.2 Situación actual	2
1.3 Prospectiva	5
1.4 Planteamiento del problema	5
1.5 Objetivos	6
1.5.1 Objetivo general	6
1.5.2 Objetivos específicos	6
1.6 Alcance	6
1.7 Justificación	7
1.8 Contexto	8
CAPÍTULO II	9
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Dinámica de la suspensión	9
2.1.1 Geometría y ángulos de las ruedas	9
2.1.2 Masas suspendidas y no suspendidas	12
2.1.3 Oscilación	12
2.2 Sistema de suspensión	13
2.2.1 Partes del sistema de suspensión	14
2.2.2 Tipos de suspensión	19
2.3 Diseño asistido por computador	22
2.3.1 Solidworks	23
2.3.2 Inventor	23
2.3.3 Blender	24
2.3.4 Sketchup	24

2.3.5 Freecad	24
2.4 Motores gráficos	25
2.4.1 Unity	25
2.4.2 Unreal engine 4	25
2.4.3 Cryengine 3	26
2.4.4 Godot	26
2.5 Realidad aumentada	26
2.5.1 Vuforia	27
2.5.2 Artoolkit	27
2.5.3 Kudan	27
2.5.4 Easyar	28
2.5.5 Layar	28
CAPÍTULO III	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1 Metodología	29
3.2 Recopilación de información técnica	29
3.2.1 Caracterización y selección del sistema de suspensión	30
3.2.2 Levantamiento de cotas de los vehículos seleccionados	30
3.3 Diseño cad	31
3.3.1 Selección de software para el diseño	31
3.3.2 Planos de bases definitivas de cada elemento	32
3.3.3 Estructura cad y conversión de unidades	33
3.3.4 Revisión y conversión de formato	33
3.4 Elaboración de la aplicación	34
3.4.1 Selección de motor gráfico	34
3.4.2 Estructura del sistema	35
3.4.3 Establecer parámetros de identificación de objetos físicos	36
3.4.4 Base de datos motor gráfico	38
3.4.5 Ensamble y ubicación de cada sistema	39
3.4.6 Interacción entre elementos	39
3.4.7 Sistema de menús	40
CAPÍTULO IV	43
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1 Parque automotor nacional	43
4.2 Caracterización y selección del sistema de suspensión	44
4.2.1 Caracterización y simulación del sistema de suspensión mcpherson	45
4.2.2 Caracterización y simulación del sistema de eje de torsión	50
4.2.3 Caracterización y simulación del sistema de eje rígido	53
4.2.4 Cambio de formato de cada elemento	57

4.3 Configuración del motor gráfico y realidad aumentada	58
4.3.1 Adicionar módulos visual estudio y plataforma android	58
4.3.2 Selección y configuración librería de realidad aumentada	59
4.4 Diseño de la aplicación	62
4.4.1 Pantalla escanear	64
4.4.2 Pantalla información del sistema de suspensión	71
4.4.3 Pantalla geometría de la suspensión	72
4.4.4 Pantalla información de la app	73
4.5 Manual de usuario	74
CAPÍTULO V	76
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	76
5.1 Conclusiones	76
5.2 Recomendaciones	78
REFERENCIAS	79
ANEXOS	84

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	PÁGINA
2. 1 Clasificación de masas suspendidas, intermedias y no suspendidas	12
3. 1 Instrumentos de medida para levantamiento de cotas	30
3. 2 Herramientas utilizadas	33
4. 1 Ventas anuales de vehículos por segmento en unidades	43
4. 2 Ventas según marca en unidades	44
4. 3 Requisitos del equipo	45
4. 4 Características técnicas Chevrolet Aveo Emotion 2014	46
4. 5 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión McPherson	46
4. 6 Características técnicas Toyota Prius 2012	51
4. 7 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión con eje de torsión	51
4. 8 Ficha técnica de la camioneta Volkswagen Amarok	54
4. 9 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión con ballestas	54
4. 10 Requisitos mínimos del motor gráfico Unity 2019.4.10f1 (LTS)	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	PÁGINA
2. 1 Diagrama de los ejes del vehículo	9
2. 2 Ángulos de caída de la suspensión	11
3. 1 Metodología de investigación	29
3. 2 Proceso para el diseño asistido por computadora	31
3. 3 Marco lógico para modelado 3D	32
3. 4 Estructura para la elaboración de la aplicación	34
3. 5 Marco lógico motor gráfico	35
3. 6 Configuración e instalación de motor gráfico	36
3. 7 Proceso para la detección de objetos físicos	36
3. 8 Marco lógico realidad aumentada	37
3. 9 Estructura del menú de la aplicación	41
3. 10 Exportación de software	41
4. 1 Ensamble 3D sistema de suspensión McPherson	50
4. 2 Ensamble 3D sistema de suspensión con eje de torsión	53
4. 3 Ensamble 3D sistema de suspensión con ballestas	56
4. 4 Importación de mangueta con extensión SLT	57
4. 5 Adición módulos en Unity	59
4. 6 Adición del paquete Vuforia en Unity	60
4. 7 Configuración realidad aumentada en Unity	61
4. 8 Configuración de distancia y ángulo de visión	62
4. 9 Pantalla aplicación versión 1.0	63
4. 10 Pantalla principal aplicación 2.0	63
4. 11 Pantalla escanear sistema de suspensión	64
4. 12 Escáner sistema McPherson	65
4. 13 Animaciones creadas con animation y animator conjunto amortiguador McPherson	66
4. 14 Desmontaje amortiguador realidad aumentada sistema McPherson	66
4. 15 Escáner sistema eje de torsión	67
4. 16 Animaciones creadas con animation y animator conjunto amortiguador eje de torsión	68

4. 17	Desmontaje amortiguador realidad aumentada sistema eje de torsión	68
4. 18	Escáner sistema de ballestas	69
4. 19	Animaciones creadas con animation y animator conjunto de ballestas	70
4. 20	Desmontaje ballestas realidad aumentada sistema de ballestas	70
4. 21	Pantalla información sistema de suspensión	71
4. 22	Configuración para visualización 360 grados de sistema de suspensión de eje rígido	72
4. 23	Pantalla geometría de la suspensión	73
4. 24	Pantalla información de la APP	74
4. 25	Interfaz proceso de instalación	75

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	PÁGINA
1. Plano estructural mangueta suspensión McPherson	85
2. Plano estructural amortiguador suspensión McPherson	86
3. Plano estructural muelle suspensión McPherson	87
4. Plano estructural rótula suspensión McPherson	88
5. Plano estructural axial suspensión McPherson	89
6. Plano estructural barra estabilizadora suspensión McPherson	90
7. Plano estructural brazo de suspensión McPherson	91
8. Plano estructural tirante suspensión McPherson	92
9. Plano estructural cuna suspensión McPherson	93
10.Plano estructural caja de dirección	94
11.Plano estructural tope elástico suspensión McPherson	95
12.Plano estructural disco de freno	96
13.Plano estructural rodamiento de cubo	97
14.Plano estructural apoyo superior muelle	98
15.Plano estructural cubo	99
16.Ensamble suspensión McPherson	100
17.Plano estructural amortiguador suspensión eje de torsión	101
18.Plano estructural muelle suspensión eje de torsión	102
19.Plano estructural apoyo superior del muelle suspensión eje de torsión	103
20.Plano estructural barra estabilizadora suspensión eje de torsión	104
21.Plano estructural travesaño suspensión eje de torsión	105
22.Plano estructural conjunto de tambor	106
23.Ensamble eje de torsión	107
24.Plano estructural amortiguador sistema de suspensión con ballestas	108
25.Plano estructural bastidor sistema de suspensión con ballestas	109
26.Plano estructural gemela de ballesta sistema de suspensión con ballestas	110

27.Plano estructural tope de hule sistema de suspensión con ballestas	111
28.Plano estructural almohadilla sistema de suspensión con ballestas	112
29.Plano estructural perno en U sistema de suspensión con ballestas	113
30.Plano estructural ballestas sistema de suspensión con ballestas	114
31.Plano estructural diferencial sistema de suspensión con ballestas	115
32.Ensamble suspensión de eje rígido con ballestas	116
33.Manual de usuario	117

RESUMEN

En este proyecto se estudió tres tipos de sistema de suspensión enfocados a vehículos con suspensión independiente, semi-independiente y rígida, obteniendo información necesaria para el desarrollo de una aplicación que utiliza realidad aumentada, con el propósito de agilizar los procesos de enseñanza y optimizar recursos. El proyecto se basó en varias fuentes bibliográficas, que ayudaron a conocer los procesos adecuados para el montaje y desmontaje, permitiendo conocer la función de cada una de las piezas que conforman estos sistemas.

Para la digitación de los elementos que componen el sistema de suspensión, se obtuvo medidas de las piezas reales mediante bosquejos, se procedió a diseñar y modelar en 3D cada uno de los elementos de los sistemas de suspensión en el software SolidWorks, una vez realizado este proceso de diseño de las piezas, se pasa a la fase de ensamble en el mismo software. Se utilizó un tercer software para cambiar el formato de los archivos generados por el programa CAD a un formato compatible con el software del motor gráfico. Posteriormente se crearon dos bases de datos, la una en Unity y la otra en la página oficial de Vuforia para la construcción de la aplicación mediante realidad aumentada.

La aplicación contiene tres tipos de sistemas de suspensión, McPherson, eje de torsión y ballestas que corresponden a los vehículos de Chevrolet Aveo Emotion, Toyota Prius y camioneta Volkswagen Amarok. Al hacer uso de la cámara trasera de un dispositivo móvil con sistema operativo Android, se escanea de manera virtual después de haber elegido el sistema de suspensión, se visualiza una transposición de un objeto en 3D que se combinará con el entorno real, brindando al usuario una experiencia agradable. Además, la aplicación posee información técnica sobre cada uno de los sistemas de suspensión estudiados como: ángulo de salida, ángulo de caída, convergencia, divergencia, averías y diagnóstico.

ABSTRACT

In this project, three types of suspension system focused on vehicles with independent, semi-independent and rigid suspension were studied, obtaining the necessary information for the development of an application that uses augmented reality, in order to streamline teaching processes and optimize resources. The project was based on several bibliographic sources, which helped to know the appropriate processes for assembly and disassembly, allowing to know the function of each of the pieces that make up these systems.

For the fingering of the elements that make up the suspension system, measurements of the real parts were obtained through sketches, we proceeded to design and model in 3D each of the elements of the suspension systems in SolidWorks software, once this part design process, the assembly phase is passed in the same software. A third software was used to change the format of the files generated by the CAD program to a format compatible with the graphics engine software. Subsequently, two databases were created, one in Unity and the other on the official Vuforia website for the construction of the application using augmented reality.

The application contains three types of suspension systems, McPherson, torsion shaft and leaf springs that correspond to the Chevrolet Aveo Emotion, Toyota Prius and Volkswagen Amarok pickup vehicles. When making use of the rear camera of a mobile device with Android operating system, it is scanned virtually after having chosen the suspension system, a transposition of a 3D object is displayed that will be combined with the real environment, providing the user a pleasant experience. In addition, the application has technical information on each of the suspension systems studied such as: departure angle, camber angle, toe-in, toe-out, breakdowns and diagnostics.

INTRODUCCIÓN

En la industria automotriz cada día se desarrollan nuevas tecnologías tanto como procesos, con el objetivo de ayudar a la formación del personal técnico, para mejorar la calidad y eficiencia en trabajos industriales, la realidad aumentada es una herramienta que combina datos reales y objetos virtuales generados por un computador para contribuir en la comunidad académica y en el ámbito industrial.

Los vehículos disponen de diferentes tipos de sistema de suspensión con alta confiabilidad para la seguridad de los ocupantes, los cuales necesitan realizar mantenimiento para evitar fallas y alargar su vida útil. Con el uso de la realidad aumentada en los últimos años y los recientes modelados en 3D se puede mejorar la enseñanza. Esta tecnología ha sido de gran ayuda para la simulación de los componentes del vehículo.

Dentro del campo automotriz existen aplicaciones para la capacitación del personal que dan a conocer los procesos correctos de montaje y desmontaje de los sistemas en un vehículo. Para el modelado y ensamble de las partes del sistema de suspensión se empleó un software asistido por computadora, para facilitar interacción con el motor gráfico.

Este proyecto presenta una aplicación de realidad aumentada para dispositivos Android, fue diseñada a través de la función animator y animation en Unity, permitiendo visualizar cada uno de los componentes del sistema de suspensión sin tener la necesidad de desmontarlos. Además, contiene datos de mantenimiento técnico de tres sistemas de suspensión: McPherson, ballestas y eje de torsión.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. ANTECEDENTES

El sistema de suspensión de un vehículo debe mostrar una alta confiabilidad ya que complementa la seguridad para los ocupantes, desde la existencia del sistema de suspensión siempre se ha tratado de evitar las fallas y revisar el estado actual, realizando mantenimientos periódicos programados con la finalidad de alargar la vida útil del mismo.

Los avances tecnológicos a través de la digitalización proporcionan la base para una nueva forma de vida. Orientando el futuro del trabajo, la digitalización llevará a un rediseño de empleos, particularmente en la industria manufacturera. Esto cambia los requisitos de empleados, es decir, nuevas competencias digitales. Es necesario apoyar a los empleados en la construcción de competencias requeridas de diferentes tecnologías, la mayoría de industrias, en la actualidad el sistema que aplican para poder capacitar al personal de trabajo es el modelo de serious game (Sorko & Brunnhofer, 2019, págs. 85-90).

El modelo serious game aproximadamente tardó casi veinte años para que el público pueda aplicarlo a su entorno, debido a que las personas no estaban dispuestas a escuchar el mensaje, se usó primero en el campo de la persuasión; desde ese momento el público empezó a tener otra percepción, este fue el primer paso para que las empresas apliquen esta innovación en varios sectores como. Cada vez las personas aumentan su interés de aprendizaje por este modelo. Este sistema es un juego serio, pero sin la necesidad de dejar de lado el entretenimiento, es considerado como una herramienta fundamental que está enfocada en solucionar un problema humanitario (Gómez, 2014, págs. 19-30; Ritterfeld, Cody, & Vorderer, 2009, págs. 12-26).

En los últimos años, la realidad aumentada se usó en varios dominios, desde médicos, diseño industrial, modelado y producción, tele operación con robots, entrenamientos militares, actividades recreativas, traducción, reconocimiento facial, asistencia durante la conducción,

diseño interior y exterior, amigos virtuales, internet de las cosas y e-learning. En eLearning, la combinación entre el contenido clásico y el aumentado (los más recientes con modelos 3D, imágenes, sonidos, animaciones, navegación por internet, etc.) puede ayudar al profesor a explicar mejor el contenido de los cursos (Iftene & Trandabăț, 2018, págs. 166-175).

La realidad aumentada se atribuye un gran potencial para muchos campos de aplicación. Si bien las aplicaciones de realidad aumentada se han utilizado con éxito en contextos médicos o militares durante muchos años, las aplicaciones industriales a menudo se perciben como soluciones aisladas que solo son aplicables en un entorno de trabajo definido y estático (Quandt, Knoke, Gorltdt, Freitag, & Thoben, 2018, págs. 1130-1135).

En años pasados la herramienta de realidad aumentada era utilizada por pocas personas, ya que se desconocía cuál podría ser el procedimiento para crear este tipo de aplicaciones multimedia, también es necesario mencionar las limitaciones que tenían los teléfonos celulares tanto como sus costos elevados, en el transcurso de los años las limitaciones de los teléfonos y costos ya no son una limitación, hoy en día se ha logrado mediante los avances tecnológicos la combinación de la realidad con elementos digitales logrando de esta manera mejorar la percepción del entorno a los usuarios que utilizan este tipo de tecnología (Ahn, Ko, & Yoo, 2014, págs. 79-100).

La comunidad que hace uso de la realidad aumentada siempre ha sido como una limitante para ellos, el uso de marcadores para la identificación de imágenes, pero esto ha sido una variable que limita para la realización de otras aplicaciones multimedia, ya que en todas las ramas en las que se desea utilizar los objetos no siempre estarán estáticos, es por eso que en la actualidad se está creando la detección de patrones de imagen en movimiento, por lo que se deja a un lado los marcadores (Chen, He, Mo, Li, & Yang, 2016, págs. 119-129).

1.2. SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad existen estudios acerca de realidad aumentada, enfocados en varias áreas científicas, como: medicina, pedagogía, electrónica etc. En las que se han realizado pruebas de procesos de manufactura con el objetivo de reducir costos. El sector automotriz también

ha tomado la decisión de implementar esta tecnología en sus procesos, como es el caso de la empresa Bosch, que ha creado un software enfocado en la capacitación de su personal de trabajo, para interactuar con los objetos 3D, y se puedan conocer cuáles son los procesos correctos de montaje y desmontaje de los sistemas del vehículo.

Al igual que la empresa Volkswagen ha creado una aplicación con realidad aumentada, enfocada en la venta de sus productos, de esta manera el cliente puede observar el vehículo que desea comprar de forma digital en cualquier parte que se encuentre, incluye opciones como, modificar el color y varios detalles, una vez que el cliente llegue al concesionario, el proceso de venta es más rápido y efectivo.

Land Rover ha creado un sistema de realidad aumentada en sus SUV's, permite visualizar la parte inferior del vehículo mediante cámaras ubicadas en la rejilla, el objetivo es crear una escena en el que, el capo de una percepción de ser transparente, para que el conductor pueda visualizar los baches que atraviesa y la dirección de las llantas (Jaguar Land Rover Limited, 2014).

En la marca Jaguar se ha creado también un sistema de realidad aumentada llamado Follow-Me Ghost, consiste en eliminar las flechas de navegación y ahora muestra un coche virtual en el parabrisas a modo de videojuego, los parámetros que se muestran son el tiempo que falta para llegar a nuestro destino, y los segundos que tardará el semáforo en cambiar de color de luz. También la empresa Kia Motors ya había presentado el año pasado un sistema mediante realidad virtual, para realizar la evaluación de diseño, este sistema permite que se puedan reunir veinte personas en una sola sala de manera virtual y puedan interactuar con el diseño, dar su propio criterio, para disminuir costos y tiempo en los procesos.

Al igual que Fiat Chrysler trabaja con realidad aumentada y virtual para ejecutar los procesos de desarrollo de vehículos de una manera más precisa. Una vez terminado el modelo permite visualizar en 3D y 4D, para posteriormente poder corregir errores y efectuar cambios. También ha implementado este sistema en la planta industrial que permite la posibilidad de realizar una videollamada para el mantenimiento de maquinaria y brindar ayuda técnica, se utiliza para la capacitación de los trabajadores según sea el puesto laboral (Perazo, 2020).

El motivo del presente estudio es realizar una aplicación de realidad aumentada, para capacitar técnicos e ingenieros de una manera más didáctica y poder interactuar con los componentes del sistema vehicular sin la necesidad de desmontarlos, todo esto a un bajo costo. A nivel nacional se encontraron varios proyectos del uso de realidad aumentada enfocados en diferentes áreas como los siguientes:

(Pusda Cheza & Valencia Tipán , 2019, págs. 2-13) “Training Assistant for Automotive Engineering through Augmented Reality”, consiste en la creación de una aplicación de realidad aumentada para la capacitación técnica de los estudiantes, para facilitar el aprendizaje. Permite obtener información del proceso correcto del desmontaje del motor que fue creado a través de la función de Animator en Unity, además información detallada de cada uno de los elementos conjuntamente con la ubicación de los mismos, a su vez permite girar alrededor de los objetos sin la necesidad de marcadores, también se puede visualizar cada uno de los componentes sin la necesidad de tener una imagen de referencia presente.

(Vera Yáñez, Díaz, & Marcillo, 2014, págs. 56-71) “Desarrollo de una aplicación móvil para apoyar al turismo del centro histórico de Quito, utilizando realidad aumentada y geolocalización”. En este proyecto se realiza una aplicación de realidad aumentada con Vuforia SDK para dispositivos móviles, ayuda a obtener información de varias edificaciones en la localidad. En la prueba de la aplicación, los resultados fueron satisfactorios para objetos que tenían varios puntos de reconocimiento, en el caso de otras como la biblioteca no fue satisfactorio por lo que se implementó varias fotografías de diferentes ángulos y distancias a la librería de Vuforia.

(Gualpa Yumi & Proaño Gamboa, 2019, págs. 43-62) “Diseño e implementación de un sistema Ciber-Físico con realidad aumentada para facilitar el desarrollo de prácticas de la estación de trabajo compacta MPS mediante el monitoreo y despliegue virtual de información en el Laboratorio de Mecatrónica de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga”. Es un proyecto enfocado con MPS Festo con la idea de crear una estación de trabajo compacta, la aplicación móvil es accesible para cualquier estudiante, para realizar el control se realizó interconexión entre la aplicación y los componentes del sistema mediante conexión WiFi, de esta manera, se puede comunicar el dispositivo móvil

y sensores integrados en cada uno de los componentes, así se puede medir el caudal, temperatura y nivel, los objetos mostrados en la aplicación son completamente didácticos, constan de imágenes, videos e información detallada de cada uno. El trabajo fue realizado con el motor gráfico Unity y el diseño de los objetos 3D con Blender.

1.3. PROSPECTIVA

El desarrollo de sistemas de realidad aumentada ha tenido un cambio abrupto, cada vez muchas empresas dedicadas a diversas áreas lo están implementado, es muy similar a la evolución que han tenido los dispositivos móviles, hace muchos años nadie creería que se podría comunicar a través de un dispositivo móvil, pero en la actualidad eso ya es posible y la forma que las TICs se están desarrollando es a pasos agigantados.

En los últimos años se han desarrollado varios serious games enfocados a capacitar personas en diferentes áreas, implementado varios modelos que permitan captar mejor la información percibida. Se ha nombrado anteriormente varias empresas automotrices que han implementado serious games con realidad aumentada, pero aún quedan algunas que aún no lo han hecho, se espera que en un futuro todas puedan innovarse, y crear modelos con este tipo de tecnología, para desarrollo y diagnóstico de vehículos, capacitación de técnicos e ingenieros. Se estima que el impulso más grande que se tendrá en la historia, respecto al sector automotriz, conjuntamente con la realidad aumentada será cuando se popularice la conexión entre los vehículos y la carretera.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad las marcas automotrices se encuentran en constante desarrollo, creando nuevos avances tecnológicos, es importante la formación constante de los mecánicos. Cuando se realiza la capacitación del personal encargado del mantenimiento técnico del vehículo, se complica visualizar el sistema que se desea mostrar, es por eso necesario el desmontaje completo del mismo. Existe la necesidad de crear un manual de mantenimiento

técnico basado en realidad aumentada para agilizar los procesos de enseñanza y optimizar recursos.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. OBJETIVO GENERAL

- Crear una aplicación multimedia para mantenimiento técnico basado en el modelamiento digital de un sistema de suspensión con realidad aumentada.

1.5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estudio de los elementos constitutivos de un sistema de suspensión delantera y posterior.
- Modelar en 3D los elementos que componen el sistema de suspensión de un vehículo liviano a través de un software CAD.
- Reconocer objetos físicos del sistema de suspensión a través de un dispositivo móvil con el uso de realidad aumentada.
- Desarrollar un software basado en realidad aumentada para la identificación de componentes y funcionamiento relacionado con el sistema de suspensión.

1.6. ALCANCE

En esta investigación, se realizará la creación de una aplicación multimedia basada en realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo Android, que gestiona datos de mantenimiento técnico de tres sistemas de suspensión: McPherson, eje de torsión y Ballestas, son los sistemas más utilizados en vehículos comerciales livianos, no se especifica el tipo de vehículo, ya que los sistemas nombrados son usados en la mayoría de vehículos.

Los vehículos livianos se clasifican en la categoría M1, estos son tipo sedán, station wagon, hatchback, coupé, convertible, deportivo utilitario, y minivan, son con capacidad no mayor a ocho plazas y en N1 se encuentran el tipo de camioneta, doble cabina, Van de carga/furgoneta de carga y camión ligero, son vehículos cuyo peso bruto vehicular no exceda de 3500 kg.

El sistema de reconocimiento de patrones de imagen se realizará mediante la SDK Vuforia que es compatible para el sistema operativo Android. Los datos técnicos que serán mostrados en la aplicación multimedia, deben ser datos obtenidos de manuales de los fabricantes y de fuentes científicas, el diseño tanto como modelado de los elementos que componen el sistema de suspensión, se realizará en el software SolidWorks 2019 (Versión educacional).

El motor gráfico Unity 2019.4.10f1 (LTS) permitirá al usuario realizar la interacción con los elementos del sistema de suspensión y obtener los datos técnicos de cada uno. El proyecto en su totalidad, se estima desarrollar en 12 meses luego de ser aprobado el anteproyecto en su totalidad.

1.7. JUSTIFICACIÓN

La creación de una aplicación multimedia automotriz basada en realidad aumentada, permitirá la interacción entre las TICs y el mantenimiento técnico del vehículo, se ve justificada con el objetivo número 5 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 -*Toda una Vida, donde menciona: “Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria”* y va acorde al numeral 5.6 que detalla: “Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, para impulsar el cambio de la matriz productiva mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades” (SENPLADES, 2017, pág. 74).

En base a lo mencionado, la interacción de las TICs conjuntamente con los sistemas del vehículo, permitirán la facilidad de información de los manuales de mantenimiento técnico, con una aplicación multimedia. Técnicos encargados del mantenimiento automotriz, podrán

realizar procesos adecuados de montaje y desmontaje del sistema de suspensión, usando herramientas tecnológicas que estén enfocadas en procesos técnicos, logrando así la disminución de tiempo al momento de realizar el mantenimiento técnico y conseguir un trabajo de mejor calidad.

1.8. CONTEXTO

En América Latina se han realizado varios tipos de investigaciones mediante el uso de realidad aumentada, basadas en procesos de pedagogía como la siguiente:

(Aconda Analuiza, 2019, págs. 26-39) “Diseño de una herramienta de aprendizaje con realidad aumentada aplicada a la capacitación técnica”.

En la Universidad Técnica del Norte se encontraron trabajos de investigación relacionados con el uso de realidad aumentada como es: (Bautista Rojas, 2011, págs. 77-91) “Metodología para el desarrollo de escenarios virtuales con VRML”.

Este tipo de investigaciones abarcan la tecnología de realidad aumentada, pero no están enfocadas completamente en un área definida. Cabe mencionar que es muy limitada la información sobre estudios realizados de realidad aumentada que estén enfocados en procesos técnicos automotrices, mientras que la presente investigación que se propone realizar es la de brindar una herramienta tecnológica que permita eficiencia en trabajos prácticos especializados en el área automotriz.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. DINÁMICA DE LA SUSPENSIÓN

En este proyecto se utiliza la nomenclatura (SAE Internacional, 2008, págs. 8-20), menciona que los ejes de los vehículos de este sistema se denominan como se muestra en la Figura 2.1, están destinados a proporcionar flexibilidad para adaptarse al amplio espectro de técnicas de modelado que se utilizan en la actualidad para identificar la dinámica de los vehículos.

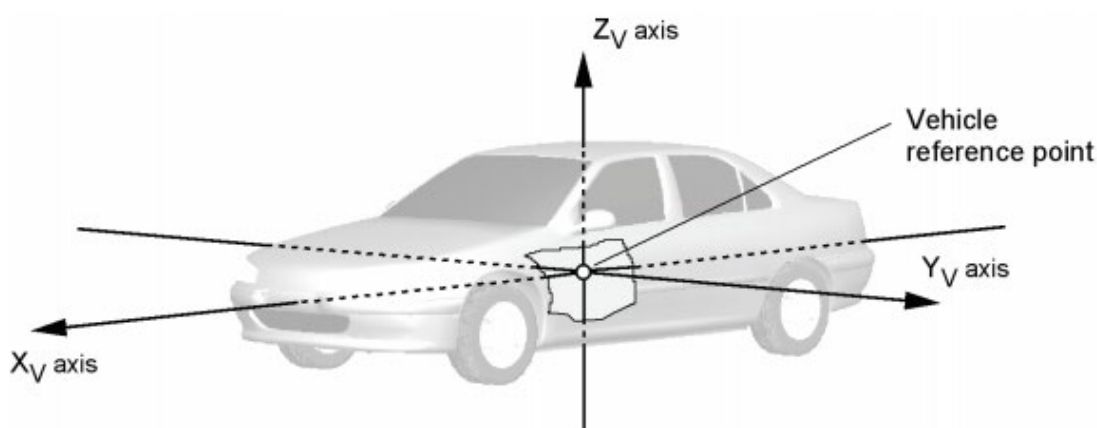


Figura 2. 1 Diagrama de los ejes del vehículo
(SAE Internacional, 2008, págs. 8-20)

La Figura 2.1 indica los seis ejes de libertad del vehículo. El eje X_v es de longitudinal, positivo en la dirección hacia adelante. El eje Y_v es el lateral, positivo a la derecha, y el eje Z_v representa el eje vertical, cada uno se define como Roll, Pitch y Yaw respectivamente, sin embargo, se puede también usar el sistema de coordenadas o marcos de referencia definidos específicamente.

2.1.1. GEOMETRÍA Y ÁNGULOS DE LAS RUEDAS

Es importante que las medidas de los ángulos de la suspensión se encuentren bien calibrados, de estos depende el desgaste de los elementos que componen el sistema de suspensión y la

dirección, la cual es responsable de llevar el vehículo por la trayectoria correcta, tanto en el momento de transitar por una carretera recta o una curva. Los ángulos que necesiten de un correcto ajuste son el de convergencia, caída, salida y avance.

2.1.1.1. Paralelismo, convergencia o divergencia

La convergencia es la medida que existe entre la parte delantera de los neumáticos y la parte trasera. Cuando el ángulo de convergencia es cero, se dice que están paralelos entre sí. Los planos pasan por el medio del neumático, cuando tienden a encontrarse delante de la marcha del vehículo, se dice que es divergencia positiva, y cuando estos tienden a juntarse en la parte trasera de la marcha del vehículo, se denomina como convergencia negativa (divergencia). En los sistemas de suspensión rígida el ángulo de convergencia es cero y no se regula, mientras que, en los sistemas de suspensión independiente delantera, si se puede regular (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 306).

2.1.1.2. Ángulo de caída

Se forma por la inclinación de la rueda respecto al plano vertical de ésta. Este ángulo provoca una inclinación en la parte superior de la llanta, esto dependerá si existe la caída negativa o positiva. Es utilizado para el diseño de la suspensión y de la dirección. El ángulo se determina por la inclinación de la mangueta, sobre la cual se realiza el giro de la rueda (Domínguez Soriano & Ferrer Ruiz, 2013, pág. 178).

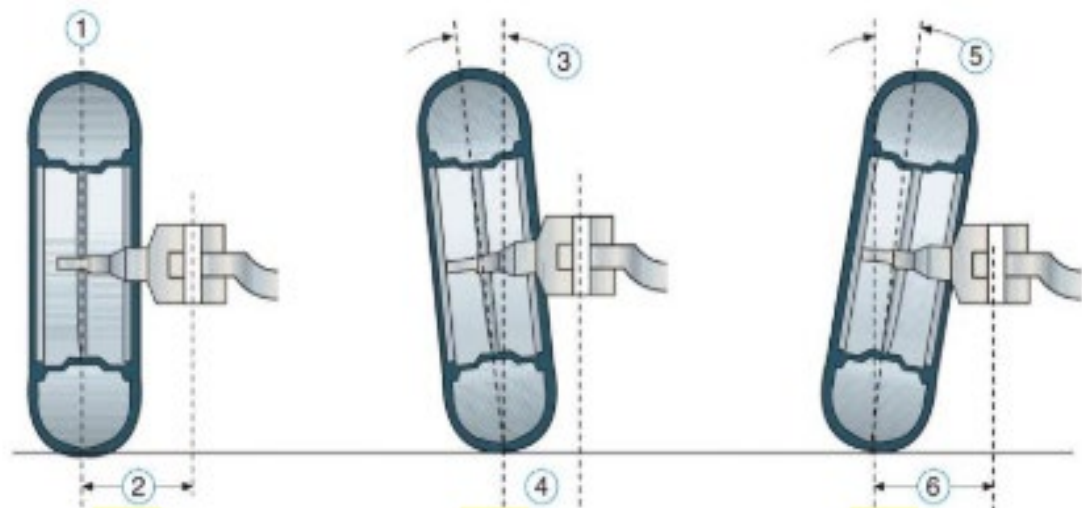


Figura 2. 2 Ángulos de caída de la suspensión
(Domínguez Soriano & Ferrer Ruiz, 2013, pág. 178)

A continuación, se detalla cada una de las posiciones de la Figura 2.2.

- Línea central con la rueda.
- Radio de pivotamiento.
- Caída positiva.
- Radio de pivotamiento reducido.
- Caída negativa.
- Radio de pivotamiento aumentado (Domínguez Soriano & Ferrer Ruiz, 2013, págs. 178-179).

2.1.1.3. Ángulo de salida

Según (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 309), “El ángulo de salida se forma con la inclinación del pivote de la dirección (king-pin) con respecto al eje vertical del neumático”. El eje de dirección es el plano sobre el que giran las ruedas para poder dirigir al vehículo, el objetivo del ángulo de salida es ayudar a que las ruedas se orienten y al momento de girar el movimiento sea suave. El ángulo de salida y de caída se encuentran vinculados a la mangueta y rótulas.

2.1.1.4. Ángulo de avance

Puede estar hacia delante o hacia atrás con respecto a la vertical, se mide en grados, los cuales pueden ser negativos o positivos, se dice que son positivos cuando la prolongación del pivote encuentra el terreno en un punto situado delante de la huella del neumático, y negativo cuando se encuentra al lado contrario. Un ángulo de avance excesivo hace que la dirección se torne dura, mientras que un ángulo escaso hace que la dirección sea demasiado suave (Arias Paz, 2004, págs. 919-920; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 309).

2.1.2. MASAS SUSPENDIDAS Y NO SUSPENDIDAS

Según (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 175), *“Una masa suspendida es aquella que no está en contacto directo o indirecto con el firme y es soportada por el sistema de suspensión. En cambio, una masa no suspendida está en contacto directo o indirecto con el firme y siempre antes de que intervengan los órganos de suspensión”*. Partiendo de este concepto mencionamos que el motor y la carrocería son masas suspendidas y que las masas no suspendidas son las llantas, frenos, amortiguadores, trapecios, estos elementos influyen directamente en las oscilaciones y el confort para los ocupantes del vehículo.

Tabla 2. 1 Clasificación de masas suspendidas, intermedias y no suspendidas

Masas suspendidas	Masas intermedias	Masas no suspendidas
Carrocería	Brazos	Rueda
Motor	Tirantes	Frenos
Bastidor	Muelles	Mangueta
	Amortiguadores	

2.1.3. OSCILACIÓN

Las oscilaciones, son producidas cuando el vehículo pasa por un obstáculo provocando que los muelles se compriman y se expandan. El tiempo de oscilación depende de la elasticidad del muelle y del peso que se encuentra suspendido. Otro de los componentes que intervienen

son los amortiguadores, permiten la deformación elástica de los muelles y que la amplitud no sea exagerada (Alonzo Pérez, 2008, págs. 390-394).

- **Periodo**

Según (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 176) *“EL periodo de una oscilación es el tiempo que tarda en realizarse una oscilación completa”*. Cuando el periodo es corto es síntoma de un muelle duro mientras que el periodo rápido es señal de un muelle blando. El periodo normal de oscilación varía entre 0,5 y 1 segundo, el balanceo normal del ser humano se encuentra entre 1 y 2 Hz, es por eso que se utiliza estos valores para aplicar en el confort del vehículo.

- **Frecuencia**

Es el número de oscilaciones por unidad de tiempo, se encuentra en función de la rigidez del muelle y por la masa del vehículo. La frecuencia de las masas no muelleadas de un vehículo se encuentra entre 10 a 16 Hz, este valor depende de la distancia máxima de extensión en función de la posición de reposo, se resume como el recorrido del muelle. (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 176).

- **Resonancia**

La resonancia se define como un fenómeno mecánico, se produce cuando una fuerza impulsa a la masa en ritmo de su oscilación, si la frecuencia de la masa suspendida coincide con la que producen las ondulaciones del terreno se dice que la suspensión entra en resonancia (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 176).

2.2. SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Los objetivos del sistema de suspensión son dos, el primero es seguridad, permite mantener constante el contacto de las cuatro ruedas a la carretera para evitar que sufran aceleraciones verticales, y la segunda es confort, evade las oscilaciones provocadas por las irregularidades

del camino que se transmiten a la carrocería, ya que absorbe los esfuerzos transversales, longitudinales y verticales de la carrocería (Perera Martí, 2000, pág. 23).

El conjunto que conforma el sistema de suspensión y dirección permite una adherencia eficaz a la carretera, facilitando al conductor un control total del vehículo. En la actualidad existen varios tipos de sistemas de suspensión, para los ejes delanteros tanto como para ejes traseros, sin embargo, la mayoría de vehículos en la actualidad están conformados en la parte delantera con suspensión McPherson, es un sistema independiente que permite la direccionalidad del vehículo, y en la parte posterior generalmente por ballestas, multibrazo, etc (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 173).

2.2.1. PARTES DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

El sistema de suspensión une la rueda con el cuerpo del vehículo, en muchos de los casos las partes estructurales del automóvil sufren deformaciones, aquí es donde juega un papel primordial las características de manejo y confort, el sistema en si está compuesto de varios elementos que ayudan a distribuir las fuerzas, cada elemento debe estar en perfectas condiciones para cumplir con su objetivo, de ello depende la marcha del vehículo y la seguridad de los ocupantes.

2.2.1.1. Silentblock y cojinetes elásticos

Es un elemento de unión elástico, su misión: amortiguar los golpes existentes entre dos elementos en los que existe movimiento. El montaje se realiza a presión con una gata hidráulica, y el cambio de este componente se hace cuando existe holgura en la unión, comúnmente son usados en los brazos de la suspensión y el chasis (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 177).

2.2.1.2. Rótulas

Son elementos de unión y fijación de la suspensión y dirección, son versátiles, permiten el movimiento en tres diferentes planos, además, se caracterizan por tener un bajo peso y permiten un ensamble fácil. Para cambiar es necesario revisar si tiene deformidad provocada por un golpe, o existe holgura debido a las oscilaciones generadas por la calzada. La fijación de las rotulas puede ser mediante roscado interno o externo (Caraguay Correa & Caraguay Correa, 2015, pág. 17; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 178).

2.2.1.3. Mangueta y cubo

La fabricación de la mangueta se realiza con acero o también aleaciones, une al cubo de la rueda y la rueda a los elementos de la suspensión. El diseño depende de la geometría del vehículo, en el interior de la mangueta se montan los rodamientos que garantizan el giro de la rueda. Los diseños más comunes de sujeción son los que tienen espárragos en el cubo o los de orificios para poder sujetar la rueda, los dos tienen un mecanizado que centra la rueda. Su mantenimiento es necesario solo cuando tiene deformaciones a causa de un golpe (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 178).

2.2.1.4. Trapecio o brazo de suspensión

Se fabrican mediante una fundición o también en chapa de acero embutida, el objetivo es soportar al vehículo a través de la suspensión. La unión al buje se realiza con elementos elásticos como los silentblocks y para el guiado se utiliza las rotulas, que permiten soportar los esfuerzos generados en el funcionamiento (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 179).

2.2.1.5. Tirantes de suspensión

Según (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 179), “*Son brazos de acero longitudinales o transversales situados entre la carrocería y la mangueta o trapecio que sirven como sujeción*”

de estos y facilitan su guiado”. Existen también brazos reforzados que se ubican en vehículos con mayor motorización, cumplen la función de absorber los desplazamientos y esfuerzos de los elementos de la suspensión a través de los cojinetes elásticos.

2.2.1.6. Topes de suspensión

Su función es servir de tope para el conjunto de suspensión, evitando un desgaste excesivo y el contacto brusco entre las partes metálicas. Tienen forma de taco o de casquillo, en el caso de la suspensión McPherson va montado en el interior del vástago. Para el mantenimiento de los topes de suspensión es necesario la lubricación cada cierto periodo de tiempo, con esto lograremos alargar la vida útil (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 180).

2.2.1.7. Elementos elásticos

Al realizar un estudio de la suspensión encontramos los elementos elásticos primarios, se considera al conjunto amortiguador y los secundarios que generalmente están ubicados entre la carrocería o el chasis son: muelles de goma, barras de torsión, ballestas y muelles helicoidales, se caracterizan por ser deformables, su objetivo es absorber las oscilaciones producidas por la calzada, además, permiten garantizar el confort y seguridad a los pasajeros (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 180).

2.2.1.7.1. Muelles de goma

Están vulcanizados entre piezas de metal, son sensibles a la temperatura y a productos químicos. Sirven de amortiguación auxiliar, los esfuerzos aplicados son de compresión y tracción. La capacidad de amortiguación depende de los cambios de temperatura, la flexibilidad es progresiva, tienen bajo costo y no requieren mantenimiento (Arias Paz, 2004, págs. 755-758; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 180).

2.2.1.7.2. Barra estabilizadora

O también antibalanceo puede estar ubicada en el eje delantero o trasero, o en ambos, la sujeción se realiza en los extremos mediante rótulas o cojinetes elásticos, tiene forma de U, está fabricada en acero para mejor resistencia. La misión de este elemento es reducir la inclinación que se produce en la carrocería al momento que el vehículo pasa por una curva, estabilizándolo. El mantenimiento consiste en revisar el estado de los extremos en donde está sujeta, en caso de estar rotos es obligatorio cambiar por nuevos (Arias Paz, 2004, pág. 877; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 179).

2.2.1.7.3. Ballestas

Están ubicadas en el eje delantero o trasero, constan de varias láminas de acero resistente y elástico. Absorben las oscilaciones generadas por la calzada, las hojas se aprietan mediante abrazaderas y un perno que se lo conoce como capuchino, permiten el deslizamiento entre estas cuando se deforman por el peso al que están sometidas. En la actualidad se ve el uso de ballestas en camionetas, camiones y vehículos de todo terreno, debido a su rigidez. La lubricación es muy indispensable en este sistema, viene dotado de un depósito de lubricante y en otras ocasiones con graseros (Arias Paz, 2004, págs. 873-877; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 190).

2.2.1.7.4. Muelles helicoidales

Pueden estar ubicados en los ejes delanteros o traseros de forma vertical, en el caso de vehículos modernos los muelles helicoidales sustituyeron a las ballestas, en la parte del eje trasero. El de forma helicoidal es un cable de acero elástico, el número de espiras depende del diámetro y material en el cual este fabricado. El montaje es simple, porque los extremos son planos y permiten ubicar en el apoyo ligero. La función es remplazar el trabajo de las ballestas y barras de torsión, cuando se somete a una carga, cada sección del muelle se encuentra en un estado de torsión (Arias Paz, 2004, pág. 876).

2.2.1.8. Barras de torsión

Es una barra cilíndrica, la cual está sujeta por sus extremos, regresa a su estado normal después de que se deje de aplicar torsión. Es necesario que el esfuerzo de elasticidad que se aplica a la barra no sea excesivo ya que daría origen a una deformación permanente, esto depende del material que sea fabricada, comúnmente es de acero elástico y puede estar ubicada de manera transversal o longitudinal (Arias Paz, 2004, págs. 876-877; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 181).

2.2.1.9. Amortiguadores

Son partes indispensables del sistema de suspensión, se encuentran cercanos a las ruedas, su posición generalmente es vertical para vehículos y en camionetas están ubicadas de manera diagonal en la parte posterior. El vehículo tiene oscilaciones cada vez que atraviesa un obstáculo por lo que los neumáticos tienden a despegarse. La función que cumple es garantizar que las ruedas no se despeguen de la calzada disminuyendo las oscilaciones para evitar el desgaste excesivo.

Si no hubiera un amortiguador en el sistema de suspensión el peso que se aplica a los resortes, por la compresión causaría una ruptura, o impacto causando una molestia para los ocupantes del vehículo, pero gracias a este componente el muelle regresa a su estado inicial de una manera ligera y no brusca (Arias Paz, 2004, pág. 878; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 184).

2.2.1.9.1. Amortiguadores de fricción

Este tipo de amortiguadores son poco usados en la actualidad por vehículos, comúnmente se ve su aplicación en motocicletas, están compuestos por dos brazos en forma de tijera, el uno está sujeto al bastidor y el otro a la llanta. Su funcionamiento inicia cuando las ballestas se flexionan, los brazos se cierran o se abren en forma de tijera y los discos de fricción frenan las oscilaciones doble efecto. La desventaja de este tipo es cuando ingresa suciedad a los

discos, por lo que causa ruidos molestos al momento de que los brazos se comprimen y se expanden (Arias Paz, 2004, pág. 878; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 185).

2.2.1.9.2. Amortiguador telescópico

Se lo conoce también como hidráulico debido a que están llenos de aceite en su interior, son los más usados en la actualidad, están compuestos por un pistón que se encuentra dentro de dos tubos sellados, uno de los tubos tiene orificios calibrados que permiten que el aceite regrese de una manera suave al momento que se generan las oscilaciones. Trabaja en compresión y extensión, al comprimirse controla los movimientos del eje y las ruedas y al momento de realizar la extensión contrala el peso suspendido de la carrocería (Arias Paz, 2004, págs. 879-880; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 187).

2.2.2. TIPOS DE SUSPENSIÓN

Existen varios tipos de configuraciones de suspensión conformados por partes diferentes cada uno, aunque el principio de funcionamiento es el mismo en cada uno de los conjuntos. Están compuestos de un conjunto elástico, amortiguación y barra estabilizadora independientes para cada uno de los ejes. El tipo de configuración que integre cada vehículo dependerá del fabricante, se tomará en cuenta varios factores como: ubicación en el eje delantero o trasero, confort, sencillez y el precio del vehículo.

Los tipos de suspensiones se dividen en tres grupos que son:

- Rígidas
- Semi-rígidas
- Independiente (Muñoz Águila, 2012, pág. 35).

2.2.2.1. Suspensión rígida

Este tipo de suspensión está conformada por pocos componentes, generalmente es más utilizada en camiones y camionetas, consta de una viga de metal la cual está unida a la carrocería mediante el conjunto de suspensión y amortiguación, por lo que se extiende a lo ancho del vehículo. Los movimientos verticales que se producen hacia el eje, permiten que los resortes helicoidales de este sistema conjuntamente con las ballestas absorban el impacto, de esta manera el resorte vuelve a su estado inicial para lograr que los neumáticos se mantengan adheridos a la calzada (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 190).

2.2.2.2. Suspensión semi-independiente

Este tipo de sistema es similar al de eje rígido, las ruedas se encuentran unidas al mismo, no es completamente rígido, las oscilaciones son menores, comúnmente esta configuración se aplica en el eje trasero de vehículo. Debido al alto costo no es muy utilizada, sin embargo, tiene las ventajas de la suspensión independiente y rígida (Jiménez Padilla, 2014, pág. 54; Resani Martínez, Muñoz Torrejón, & García-Moya Sánchez, 2018, pág. 62).

- **Suspensión con eje de torsión**

Se utilizan en automóviles pequeños y medianos, se puede imaginar como un brazo de arrastre fijado al cuerpo de un casquillo, la estabilidad se corrige mediante una viga transversal, en forma de U que esta soldado con los brazos, el espiral está en posición vertical ubicado entre los brazos y el compacto del vehículo. El amortiguador está sujeto mediante un perno a los brazos al igual que la barra estabilizadora.

No hay cambio en los ángulos de convergencia y divergencia, debido a la carrera de la suspensión. Las ventajas de este sistema es que tiene un diseño simple, sencillez de montaje, elasticidad longitudinal razonable, masa no suspendida más pequeña que con un eje rígido y las desventajas son la baja rigidez del balanceo, no es apto para ejes motrices y las piezas se encuentran sometidas a grandes esfuerzos (Genta & Morello, 2009, págs. 190-194).

2.2.2.3. Suspensión independiente

En la actualidad es uno de los sistemas más utilizados por la mayoría de vehículos, cuando una de las llantas pasa por un obstáculo el movimiento no es transmitido a las demás, ya que cada una está conformada por su propio sistema de suspensión, de esta manera evita que se pierda la adherencia de los demás neumáticos a la calzada en la que se está transitando (Proaño Mejía & Delgado Terán, 2011, pág. 20).

- **Suspensión de brazos tirados o arrastrados**

La mayoría de fabricantes lo ubican en el eje trasero del vehículo, la amortiguación se obtiene mediante amortiguadores telescópicos sujetos al brazo de suspensión y estos sujetan a la carrocería mediante un platillo, sin embargo, en la actualidad existen configuraciones de muelles que pueden estar unidos concéntricos al amortiguador o no.

La suspensión ha tenido variantes, una de las principales es el eje de giro del brazo tirado al anclaje del bastidor, uno de los elementos elásticos que utiliza es la barra de torsión, se montan de manera transversal a la carrocería, puede haber la configuración de dos barras o de cuatro en el puente trasero, para vehículos con mayor capacidad en el motor.

Cuando la posición del apoyo es oblicua respecto al plano longitudinal del vehículo se considera suspensión de brazo semi arrastrado, este sistema de igual manera se utiliza en la parte trasera y permite que varíe las oscilaciones provocadas por un obstáculo de la calzada, mejorando de esta manera la estabilidad del vehículo (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 195; Calvo Martín & Miravete de Marco, 1997, págs. 50-52).

- **Suspensión McPherson**

El funcionamiento de este tipo de suspensión es el mismo que las demás, está conformada por un espiral y un amortiguador concéntrico, en la parte superior del amortiguador tiene un platillo que permite sujetar a la carrocería. Las oscilaciones provocadas por las irregularidades de la calzada son absorbidas por el espiral y la intensidad producida la reduce el amortiguador, son utilizadas en la mayoría de automóviles con configuración de tracción

delantera, se aplica en vehículos de pequeño y mediano peso (Domínguez & Ferrer, 2011, págs. 193-194).

- **Suspensión de paralelogramo deformable**

Generalmente se encuentra ubicada en eje delantero, utiliza trapecios unidos con elementos elásticos como ballestas, muelles o también barras de torsión, es una unión entre la rueda y la carrocería posicionando elementos trasversales en diferentes planos. Cuando se mueve la llanta con relación a la carrocería, el paralelogramo se deforma, el paralelismo de los brazos provoca que el cambio de caídas sea proporcional al movimiento del balanceo, esto le obliga a tener como complemento en el sistema una barra de torsión, para mejorar la estabilidad del vehículo (Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 193; Mesa Pilataxi, 2015, pág. 26).

- **Suspensión multibrazo**

Se utiliza en vehículos de competencia, está conformada por varios brazos que sujetan a la carrocería con la mangueta mediante cojinetes elásticos y rótulas. La suspensión multibrazo tiene una masa suspendida relativamente baja, en la actualidad existen muchas variantes de este sistema, es completamente mecánico, pero no se limita a que se pueda añadir complementos eléctricos o hidráulicos para aumentar las características de estabilización, nivelación o endurecimiento.

Su ventaja es, permitir a los vehículos que tengan mayor adherencia a la calzada, este es el resultado de la flexibilidad agregada al sistema. Al tener el vehículo varios brazos, estos aprovechan el balanceo para recuperar el efecto de sub-viraje, permite al vehículo entrar mejor en las curvas sin necesidad de corregir varias veces el ángulo de giro (Calvo Martín & Miravete de Marco, 1997, pág. 51; Domínguez & Ferrer, 2011, pág. 196).

2.3. DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADOR

El CAD satisface a la necesidad de un problema humanitario que lo rodea, la técnica consiste en diseñar elementos antes de su fabricación, ayudando a optimizar recursos como dinero,

tiempo y seguridad. Para el proceso es necesario de un computador, en la actualidad los programas CAD han implementado varias funciones, entre ellas el análisis de elementos, por lo que los ordenadores de hoy en día deben tener una memoria RAM y velocidad de proceso considerable, ayudando a los profesionales que hacen el uso de estos programas mejorar su productividad en el ámbito que se estén desarrollando (Rojas Lazo & Rojas Rojas, 2006, págs. 7-15).

2.3.1. SOLIDWORKS

Es un software que permite diseñar piezas, ensambles y dibujos en 3D y 2D, una de las características más relevantes es que, es fácil de usar y tienen una alta calidad para ingenieros que se dedican al diseño de piezas CAD. Las prestaciones más utilizadas son el ensamblaje de varias piezas y la simulación. Las piezas se diseñan a partir de dibujos creados, en diferentes planos permitiendo que el proceso sea más simple. Una vez creado todo el diseño se puede visualizar con la opción Real View, que ayuda a ver el sólido de una manera realista y fotográfica (Kurowski, 2018, págs. 5-8; Planchard & Planchard, 2011, págs. 16-17; Rodríguez Vidal & López Maroño, 2015, págs. 14-18).

2.3.2. INVENTOR

Este software permite la creación de piezas, conjuntos mecánicos y simulación en movimiento de los mismos. Tiene la posibilidad de realizar análisis de fuerzas en diferentes puntos de las estructuras, para determinar el coeficiente de seguridad. Consta también la opción de “Design Acelerador” es una herramienta que ayuda a realizar la conexión de varios complementos como pernos, tuercas, biselados, rodamientos entre otros. Este software está más enfocado a personas que se dedican al diseño mecánico (Senabre Blanes, 2011, pág. 5).

2.3.3. BLENDER

Es un software que agiliza los procesos de diseño de objetos 3D de objetos para aplicaciones, cuenta con una licencia publica general, ayuda a plasmar a los desarrolladores sus propias ideas en gráficos con muy buena calidad, los archivos que se crean en esta plataforma se pueden compartir a una comunidad de usuarios con los mismos intereses y a su vez tienen el acceso para modificarlos a su gusto. Este programa es uno de los más usados en cuanto se refiere a diseño de animaciones. La interacción de las funciones que contiene no es muy compleja de manejar, una de las ventajas que lo destaca, es la de poder exportar los trabajos realizados a un sinnúmero de motores gráficos (Lindon Mañas, 2017, pág. 49).

2.3.4. SKETCHUP

Programa gratuito que ayuda a crear y presentar elementos en 3D, con una interfaz muy intuitiva, permitiendo a los usuarios desarrollar la creatividad al momento de estar trabajando en un proyecto. También agiliza el estudio de figuras, cuerpos geométricos y los modelos creados pueden ser geolocalizados en Google Earth (Ministerio de Educación, págs. 5-8).

2.3.5. FREECAD

Es un programa de código abierto enfocado a ingeniería mecánica y arquitectura, permite modelar en 3D o 2D objetos de la vida real en cualquier tamaño, además, contiene herramientas como la simulación de movimientos, bancos de trabajo de mecanizado entre otras. Está disponible para varios sistemas operativos (Windows, Mac Y Linux), y el renderizado de un proyecto lo realiza en alta calidad en diferentes formatos, STEP, IGES, STL, SVG, DXF, OBJ, IFC, DAE y muchos otros (FreeCAD, 2020).

2.4. MOTORES GRÁFICOS

Un motor gráfico proporciona un conjunto de herramientas que pueden ser utilizadas para desarrollar un videojuego de una manera sencilla mediante una base de datos u otro tipo de aplicaciones interactivas denominadas “serious game” enfocadas en ingeniería, herramientas de modelado, simulaciones físicas o avances científicos. Además, incluye un lenguaje de programación que resulta útil al momento de crear un proyecto y evita la compra de recursos externos.

El motor gráfico está dividido en dos categorías: motor físico y motor gráfico. El primero se encarga de las leyes físicas de los objetos que componen un sistema de elementos como la fuerza, flexibilidad, gravedad, fricción, etc. El segundo se enfoca en la interfaz visual del videojuego como las imágenes y la información (Fernández Benavidez, 2019, págs. 17-21).

2.4.1. UNITY

Unity es conocido como motor gráfico para crear diferentes tipos de aplicaciones o videojuegos en 2D o en 3D, la ventaja que tiene es la facilidad de poder interactuar con los objetos que serán necesarios para el desarrollo de una aplicación. Para la interacción de los objetos no es necesario compilar códigos complejos, tiene funciones preestablecidas que ayudan a los desarrolladores que con varios clics consigan el objetivo deseado al momento de crear la aplicación. En la actualidad este motor gráfico es uno de los más usados por macro, micro empresas y personas individuales que se dedican a la creación de aplicaciones y videojuegos, debido a que es un software que presta funciones profesionales, completamente de libre acceso (Landa Cosio, 2013, pág. 14).

2.4.2. UNREAL ENGINE 4

Es un motor gráfico que está compuesto de varias herramientas que ayudan al desarrollo de videojuegos y aplicaciones comerciales, permite realizar la interacción entre objetos, también agregar sonidos, módulos en líneas, consta de assets libres y de pago. La interfaz es

intuitiva y no se requiere conocimientos de programación avanzados para empezar a crear un proyecto (Lee, Doran, & Misra, 2016, págs. 7-16).

2.4.3. CRYENGINE 3

Tiene una variedad de herramientas que permiten desarrollar aplicaciones y videojuegos en 2D y 3D, que no necesariamente se debe iniciar desde cero, además consta de librerías de libre acceso y de pago, disponible para todos los desarrolladores. Uno de los inconvenientes de este motor gráfico es que últimamente no se han realizado actualizaciones de las herramientas de diseño, lo cual limita a los usuarios a seguir creando proyectos para dispositivos modernos.

2.4.4. GODOT

Es un motor de videojuegos 2D y 3D completamente gratuito y de código abierto, permite a los desarrolladores utilizar un sinnúmero de herramientas para el diseño de proyectos de entretenimiento, además, facilita el desarrollo de videojuegos sin la necesidad de empezar desde cero. La calidad gráfica es alta, los derechos del juego son completamente del autor y no se exige porcentajes de dinero por el uso de la plataforma (GODOT, 2020).

2.5. REALIDAD AUMENTADA

Es una escena en la que interactúan elementos del entorno real y digital, utilizando la cámara de un dispositivo móvil o una Tablet, este proceso se realiza mediante la detección de un objeto físico o imagen preestablecida que se allá configurado en la base de datos de la librería que se ha utilizado para la creación de la aplicación. La ventaja de este sistema es que no hay que contar con un sistema adecuado para su utilización, esto se debe a que no es inmerso y por tanto no perdemos la conexión con el entorno real (Navarro, Martínez, & Martínez, 2018, págs. 29-31).

2.5.1. VUFORIA

Es una librería que su objetivo es permitir el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada, sin la necesidad de ingresar códigos de programación complejos, el proceso que se realiza es mediante el reconocimiento de patrones de imágenes, también, permite añadir funciones de interacción para que el usuario pueda utilizar elementos virtuales y fusionarlos al entorno real. Cuando se utiliza el sistema de realidad aumentada siempre se tiene que trabajar con un motor gráfico, la mayoría de veces es Unity, debido a que tiene compatibilidad con la mayoría de librerías que prestan las configuraciones para este tipo de proyectos (Borychi, 2019, pág. 42; Navarro, Martínez, & Martínez, 2018, pág. 139).

2.5.2. ARTOOLKIT

Es una librería que permite la creación del entorno con realidad aumentada, es de acceso libre, disponible para sistemas operativos como: Android, IOS, Windows, Linux y Mac. El principio de funcionamiento que utiliza es el de sobreponer objetos digitales, sobre una imagen según se hallan configurado en la plataforma, la facilidad de realizar las configuraciones en la librería agiliza los procesos para crear aplicaciones con dicha tecnología.

2.5.3. KUDAN

Es una librería de libre acceso, aunque también cuenta con una licencia que está enfocada a empresas. Se caracteriza por la capacidad de poder seguir a los elementos digitales, sin la necesidad de imágenes de reconocimiento permanentes, se puede agregar nuevos patrones de identificación en su base de datos, está diseñada para dispositivos móviles con sistema operativo Android e IOS (Kudan, 2020).

2.5.4. EASYAR

Es una plataforma de realidad aumentada que ayuda a crear aplicaciones en 2D y 3D para dispositivos móviles, consta de un plan básico (herramientas limitadas) y comercial, recibe actualizaciones constantemente, las funciones que integra es la de localización, multijugador, oclusión en tiempo real y soporte para sus usuarios, además se puede modificar la base de datos para la detección de patrones de imagen.

2.5.5. LAYAR

Es una librería enfocada en la creación de escenarios de realidad aumentada para dispositivos móviles, consta de una versión gratuita con todas sus funcionalidades por un tiempo limitado, y una versión que es comercial, además, permite agregar a su base de datos imágenes, música o video clips según sea el diseño del autor, no solo se puede acceder al reconocimiento de la imagen directamente, sino que también identifica los bordes y las texturas para logran un reconocimiento más rápido y eficiente (BLIPPAR GROUP, 2020).

CAPÍTULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA

El siguiente estudio consistió en crear un software para reconocer tres sistemas de suspensión de diferentes vehículos livianos, además, cada pieza muestra información de su función y del mantenimiento que se debe realizar en la misma, la aplicación permite observar esto con la cámara trasera de un dispositivo móvil que contenga el sistema operativo Android.

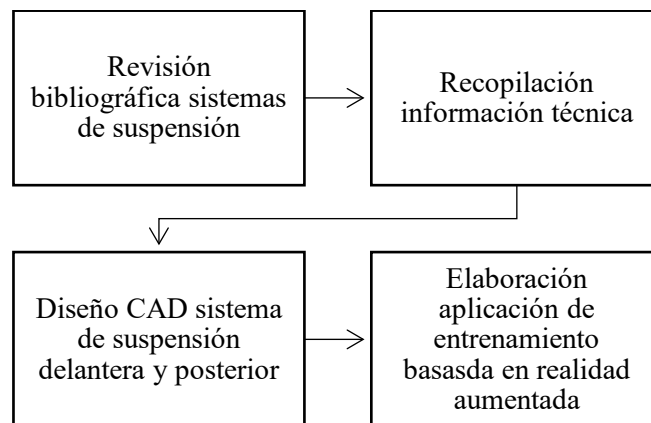


Figura 3. 1 Metodología de investigación

En la Figura 3.1, se desarrolló un diagrama de flujo conformado por cuatro etapas enfocadas en el desarrollo de este estudio, cada una de ellas permitieron recopilar información bibliográfica relevante de trabajos enfocados en el sector automotriz y posteriormente proceder a determinar los materiales adecuados para realizar un proyecto de una manera eficiente.

3.2. RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN TÉCNICA

Se analizó vehículos livianos comprendidos entre automóviles, SUV's y camionetas, los criterios de selección fueron los últimos 5 años y ventas anuales, se abarcó todos los tipos

de suspensión de este tipo de vehículos comerciales, la expectativa fue analizar el tipo de suspensión McPherson en la parte delantera, se estimó que casi el 80% de los vehículos cuentan con esta configuración y en la posterior una de eje rígido y eje de torsión.

3.2.1. CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Para la selección se analizó criterios técnicos del sistema de suspensión y los diseños más comunes que se utilizan en los automóviles, estos utilizan amortiguador conjuntamente con un muelle sobre un brazo de suspensión. SUV's disponen de un eje principal donde van incorporados el amortiguador y el muelle. Las camionetas tienen un eje donde va montado un sistema de ballestas y de igual manera se acoplan sus demás componentes.

3.2.2. LEVANTAMIENTO DE COTAS DE LOS VEHÍCULOS SELECCIONADOS

El proceso consistió en conseguir los elementos que componen cada uno de los sistemas, realizar un desmontaje, posteriormente realizar una limpieza de cada una de ellas, para finalmente continuar con la toma de dimensiones, los instrumentos de medida que se utilizó fueron los que se muestran en la Tabla 3.1.

Tabla 3. 1 Instrumentos de medida para levantamiento de cotas

Instrumento de medida	Nivel de precisión
Vernier	$\pm 1\text{mm}$
Flexómetro	$\pm 1\text{mm}$
Micrómetro de interiores	$\pm 0,01\text{mm}$ y $\pm 0,001\text{mm}$
Micrómetro de exteriores	$\pm 0,01\text{mm}$ y $\pm 0,001\text{mm}$

Una vez obtenido cada una de las medidas necesarios de cada elemento se realizó un bosquejo de la vista frontal, lateral y superior de cada una de las piezas perteneciente a cada configuración, donde se colocó cotas con sus respectivas medidas estructurales, para su posterior utilización de croquizado y CAD.

3.3. DISEÑO CAD

Para cada uno de los componentes constitutivos de los sistemas de suspensión propuestos se necesitó modelar digitalmente en 3D, y posteriormente realizar la aplicación, el proceso se realizó a una escala real, a continuación, se muestra el diagrama de flujo que se utilizó para el CAD de cada uno de los elementos.

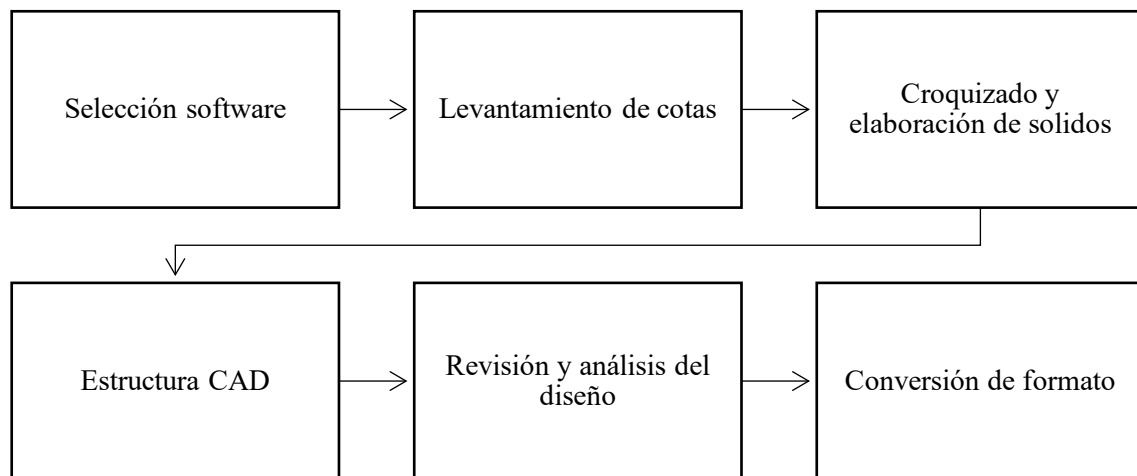


Figura 3. 2 Proceso para el diseño asistido por computadora

En la Figura 3.2, se muestra un diagrama de flujo compuesto por seis etapas que permitieron desarrollar el proceso de modelado en 3D de los componentes pertenecientes a de cada sistema de suspensión.

3.3.1. SELECCIÓN DE SOFTWARE PARA EL DISEÑO

Es uno de los puntos más críticos, debido a que los softwares propuestos como: SolidWorks, Inventor, Blender, SketchUp y FreeCAD tienen un sinnúmero de aspectos positivos, pero es necesario identificar cada una de sus cualidades para poder tomar una decisión

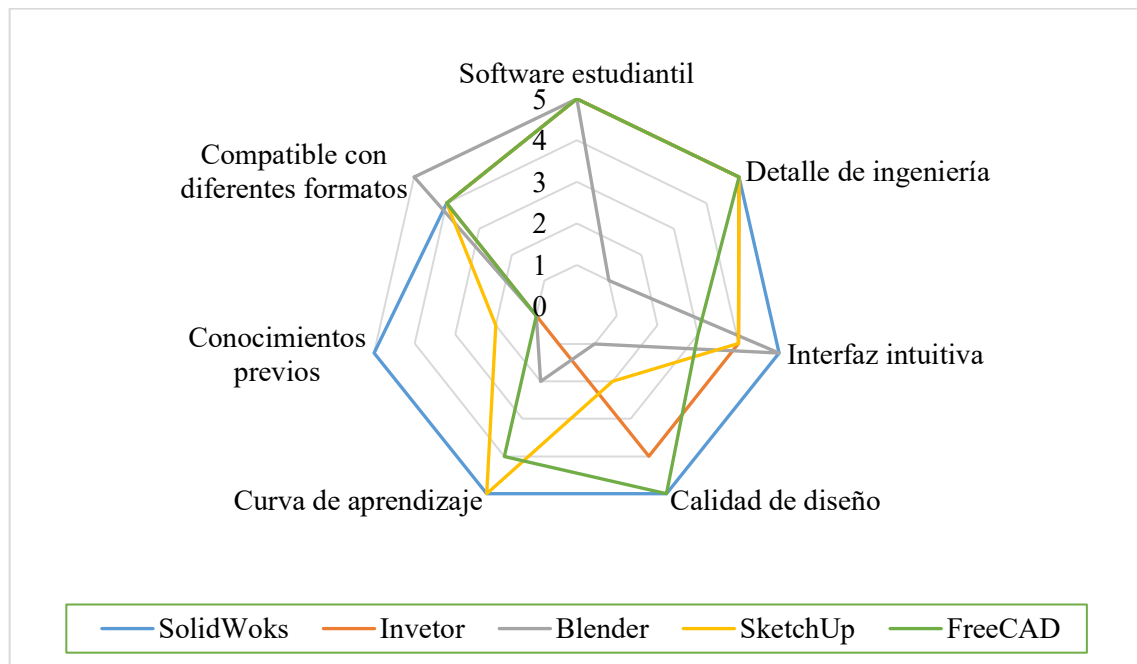


Figura 3.3 Marco lógico para modelado 3D

En la Figura 3.3 se clasificó varios softwares que tienen posibles cualidades para el modelado 3D según las necesidades de este proyecto, se nombró siete puntos característicos que son indispensables. La calificación fue desde el número uno hasta el cinco, siendo el uno el peor y el cinco el mejor. Cuando uno de los gráficos se acerca más a la forma de un heptágono y su tamaño es el mayor que los demás, ese será el software de modelado 3D seleccionado para este caso de estudio.

3.3.2. PLANOS DE BASES DEFINITIVAS DE CADA ELEMENTO

Para digitalizar las piezas de los sistemas de suspensión, se realizó la toma de medidas de cada uno de los componentes, para tener un plano con sus respectivas cotas y posteriormente realizar el modelado en 3D. Se utilizó instrumentos de medida con un nivel de precisión desde $\pm 1\text{mm}$ hasta $\pm 0.001\text{mm}$, con el propósito de modelar los elementos constitutivos de cada sistema de suspensión a una escala lo más real posible.

3.3.3. ESTRUCTURA CAD Y CONVERSIÓN DE UNIDADES

En esta etapa fue necesario configurar las unidades del software para el modelado 3D, y poder obtener un sistema a escala real. En el proceso de digitalización de los objetos se utilizó las herramientas que se muestran a continuación en la Tabla 3.2.

Tabla 3. 2 Herramientas utilizadas

Herramientas de croquizado	Herramienta de operación
Líneas	Extruir
Puntos	Revolución
Cotas	Corte
Arco	Matriz
Círculos	Simetría
	Hélice y espiral

El proceso general que se aplicó para modelar en 3D cada uno de los elementos, fue realizar la estructura mediante puntos, líneas, círculos y arcos, esto con sus respectivas cotas. El siguiente paso a realizar es aplicar las herramientas de extruir, revolución, corte, matriz, simetría, hélice y espiral.

3.3.4. REVISIÓN Y CONVERSIÓN DE FORMATO

En esta sección se analizó si existen interferencias en algún punto estructural que pueda causar inconvenientes al momento de realizar el ensamble de cada uno de los sistemas de suspensión. La conversión del formato es fundamental para este estudio, el software en el que se realizó el diseño de las piezas constitutivas de cada configuración no posee un formato que se pueda importar directamente a la base de datos del motor gráfico.

Una vez culminado el proceso de modelado y digitalización de cada pieza correspondiente a cada sistema, se obtuvo un archivo de formato SLDPRT que proporciona el software por las configuraciones preestablecidas, pero fue necesario guardar el archivo en formato STL, para que un programa de modelado 3D diferente al seleccionado, con la característica de

trasformar formatos de archivos STL a blend, pueda identificar los elementos de manera que muestre la estructura e información completa de cada uno en su interfaz. Una vez se importó al software, el siguiente paso fue realizar el proceso de transformación y así poder exportar a la base de datos del motor gráfico, esto para cada uno de los elementos.

3.4. ELABORACIÓN DE LA APLICACIÓN

En este punto se detalló cada uno de los pasos y componentes necesarios que se utilizaron para el avance de la aplicación con tecnología de realidad aumentada, la cual permite la identificación de objetos físicos, relacionados con el sistema de suspensión de vehículos livianos, y a su vez muestra información técnica de los mismos.

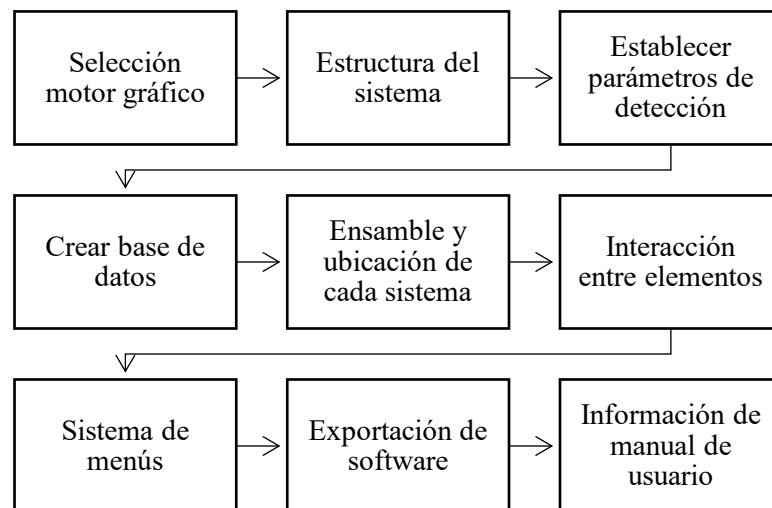


Figura 3. 4 Estructura para la elaboración de la aplicación

La Figura 3.4 muestra el diagrama de flujo conformado por nueve etapas, fue utilizado para la elaboración y diseño de la aplicación con realidad aumentada.

3.4.1. SELECCIÓN DE MOTOR GRÁFICO

El motor gráfico es un software que permitió en su mayoría la realización de este proyecto, por esta razón se analizó las características de cada uno de ellos, en especial de soporte para

realidad aumentada, y compatibilidad con dispositivos móviles que contengan sistema operativo Android.

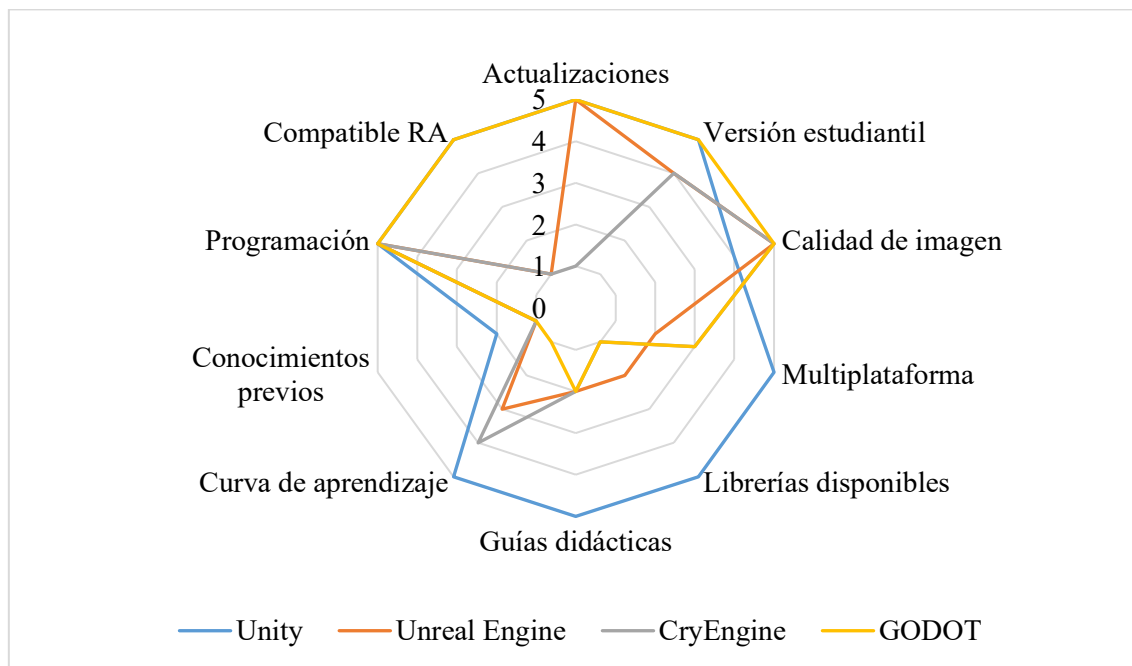


Figura 3. 5 Marco lógico motor gráfico

En la Figura 3.5 se muestra diez características que tienen similitud entre los cuatro motores gráficos. El motor gráfico es el elemento principal del diseño en la aplicación, donde se crea las reglas y la visualización de la información del manual técnico. De igual manera se calificó del uno al cinco, siendo el número uno el de menores capacidades y el cinco el mejor. El gráfico que se acerca más a la forma de un decágono y es de mayor tamaño, es el motor gráfico más óptimo para este proyecto.

3.4.2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

El modelo para la aplicación que se decidió elaborar es que sea intuitiva, y aquellas personas que no hayan manejado esta tecnología puedan acoplarse fácilmente. Además, se integró un manual de usuario, que ayuda a las personas a familiarizarse con una tecnología innovadora.

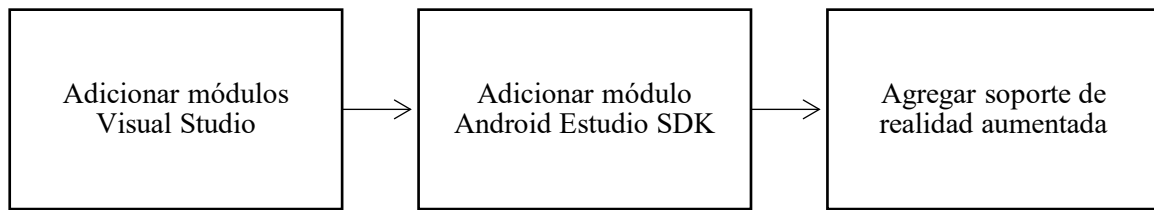


Figura 3. 6 Configuración e instalación de motor gráfico

En la Figura 3.6 se muestra el proceso necesario que se realizó para la integración de módulos de realidad aumentada tanto como el motor gráfico, con el objetivo de que sea compatible la información entre ambos softwares.

3.4.3. ESTABLECER PARÁMETROS DE IDENTIFICACIÓN DE OBJETOS FÍSICOS

Una vez creado el software e instalado en un dispositivo móvil, la aplicación, fue capaz de identificar objetos físicos mediante la cámara, tomando como punto cero una de las caras del vehículo, y a su vez mostró en el interfaz los componentes de cada sistema de suspensión en la ubicación correcta, combinándolos con el entorno real.

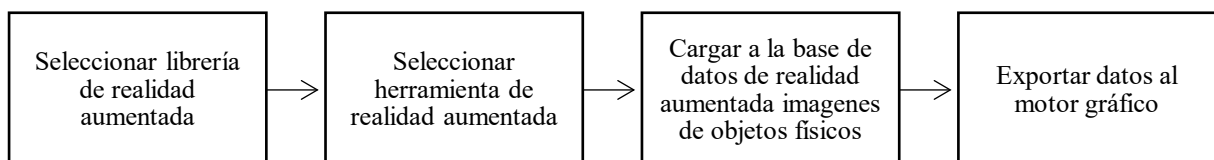


Figura 3. 7 Proceso para la detección de objetos físicos

La Figura 3.7 muestra un diagrama de flujo conformado por cuatro etapas, ayudaron a seguir un proceso adecuado para la detección de objetos físicos mediante un dispositivo móvil.

3.4.3.1. Selección de librería de realidad aumentada

Existen varios tipos de librerías para la creación de aplicaciones de realidad aumentada entre las más conocidas están Vuforia, ARToolKit, Kudan, EasyAR y LayAR. Sin embargo, las características más relevantes que se buscó para este proyecto es que sea compatible con dispositivos móviles con sistema operativo Android, y su base de datos sea modificable, según el diseño de la aplicación. El análisis de estos puntos fue de gran ayuda para la selección adecuada de una librería.

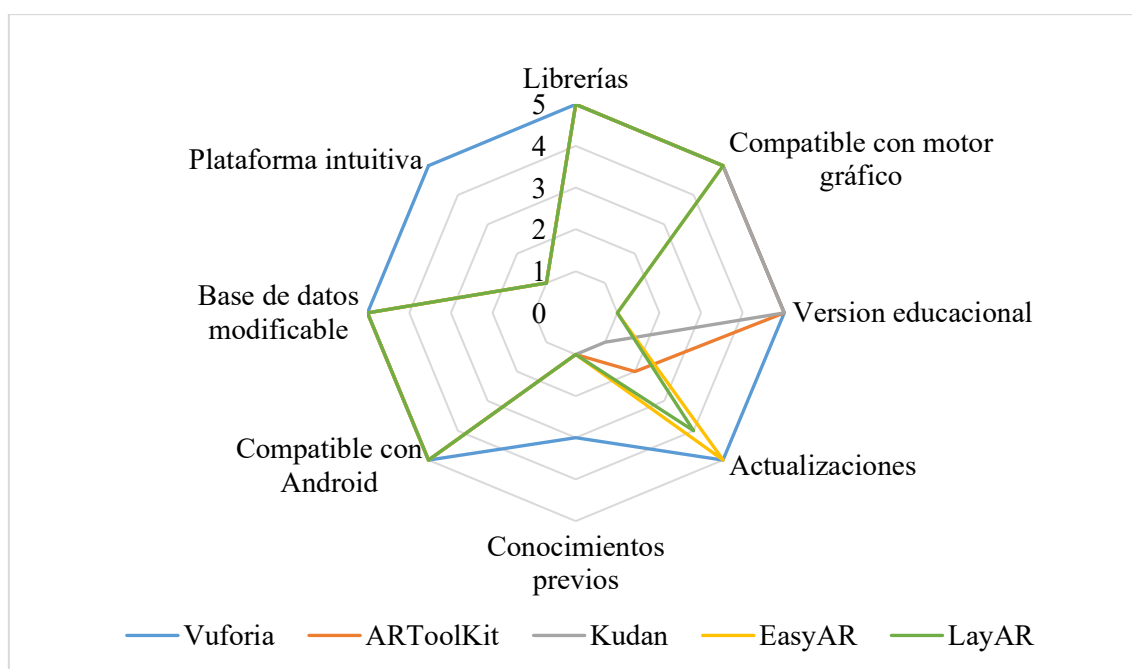


Figura 3. 8 Marco lógico realidad aumentada

Las librerías que se compararon integran como característica principal el reconocimiento de objetos, mediante una cámara de un pc o dispositivo móvil para mostrar un objeto, video o animación. Además, se necesita que tenga compatibilidad con un motor gráfico, para el desarrollo de la aplicación compatible con la plataforma de Android.

En la Figura 3.8 se calificó a cinco librerías con ocho cualidades, los valores asignados fueron del uno al cinco, siendo el uno para la librería que cuenta con menos capacidades y cinco para la mejor. Según la calificación asignada a cada una, se obtuvo varias figuras, la forma que se acerca más a la de un octógono y es de mayor tamaño es la que cumple con más cualidades para este proyecto.

3.4.3.2. Detección de objetos físicos

Se tomó la decisión de seleccionar una herramienta, que permitió la identificación de objetos físicos mediante puntos similares de un objeto 3D, conjuntamente con elementos del entorno real, a través de la cámara de un dispositivo móvil, sin la necesidad de marcadores, además no pierde de vista al objeto físico al momento de girar sobre el sistema que se está reconociendo. También brindó la facilidad de configurar el ángulo de visualización y las dimensiones de los objetos a presentarse.

- **Base de datos realidad aumentada**

En este punto se incluyó en la base de datos de la herramienta que ayudó con la detección de objetos físicos de tres modelos de vehículos 3D con formato Obj, los cuales sirvieron como referencia para la identificación de objetos físicos mediante puntos característicos. Los modelos 3D se obtuvieron de la página 3dwarehouse.sketchup.com que es de libre acceso.

Luego se configuró el ángulo y la distancia de cada uno de los objetos, en la herramienta de detección, una vez terminado este proceso, se guardó la información para generar un archivo digital en el que contenía todas las configuraciones del objeto físico a identificar. A continuación, se exportó el archivo digital al motor gráfico, el cual es compatible con realidad aumentada y además ayudó con la elaboración de la aplicación.

3.4.4. BASE DE DATOS MOTOR GRÁFICO

Una vez realizado el proceso de compatibilidad de los objetos con el motor gráfico, se procedió a crear varias carpetas con su respectivo subdirectorío, que permitieron identificar cada uno de los sistemas. Así, cada elemento guardó un código de referencia, que al momento de ser seleccionado mostró información correspondiente en la interfaz del motor gráfico. Además, se agregó material multimedia como: botones, fondos, logos e imágenes para mejorar la visualización del software.

3.4.5. ENSAMBLE Y UBICACIÓN DE CADA SISTEMA

Para este proceso se creó tres escenas para cada uno de los sistemas de suspensión. Se utilizó los modelos 3D de los vehículos seleccionados, que se había descargado con anterioridad, para ubicarlos en un sistema de coordenadas en el punto cero que sirva como punto de referencia para los demás componentes.

Los elementos técnicos de cada sistema de suspensión también se agregaron en la base de datos del motor gráfico, posteriormente se realizó el ensamble de cada uno de ellos en la escena correspondiente, y en las mismas coordenadas en las que se ubicó los modelos 3D de los vehículos.

3.4.6. INTERACCIÓN ENTRE ELEMENTOS

Permitió visualizar el montaje y desmontaje técnico de elementos automotrices del sistema de suspensión, mediante un dispositivo móvil con sistema operativo Android, mediante una guía que ayudó al usuario a identificar los procesos correctos. Las animaciones que se presentaron en el dispositivo móvil proporcionaron una idea concreta de cuál es la función de trabajo de cada componente, y la importancia que tiene.

El proceso se realizó en el motor gráfico mediante la herramienta de animación “Animator”, que ayudó con el cambio de posición y rotación de los elementos a través de una línea de tiempo, en el que se guardó cada uno de los ajustes realizados. Cada elemento contiene un clip en el que se encuentran integrados los ajustes para su interacción, de esta manera se consiguió que las animaciones se realicen de forma correcta y progresivamente, según sea el sistema de suspensión que se desee visualizar.

3.4.7. SISTEMA DE MENÚS

En este punto es necesario mencionar que en un manual de mantenimiento técnico la información que debe obtener el usuario es el funcionamiento, montaje, desmontaje, ubicación y dimensiones de cada parte del sistema.

La aplicación que se decidió realizar contiene un menú que está dividido en dos partes la una es de formación, se puede encontrar información técnica detallada de cada uno de los componentes y la geometría del sistema de suspensión. La otra parte es de simulación, en la cual el usuario podrá visualizar y aprender el proceso correcto de montaje y desmontaje de cada uno de los elementos del sistema de una manera más didáctica e intuitiva.

El sistema de menú principal que se creó, está basado en cinco botones, el primero es “Escaneo” permitió la detección de objetos físicos para poder ingresar al sistema de realidad aumentada, ayudando al usuario a visualizar los sistemas con la realidad.

Segundo botón es “Información sobre la suspensión” en este apartado se menciona la definición de tres tipos de sistema seleccionados, además, las partes con información de su función. El tercer botón es “Geometría de la suspensión” incluye información técnica sobre los ángulos de las ruedas que son la convergencia, divergencia, ángulo de caída, ángulo de salida y ángulo de avance. El cuarto es “Información de la aplicación” en este botón se encuentra el motivo de la creación de la aplicación conjuntamente con la información de contacto sobre el autor. El quinto botón es “Manual de usuario” se detalla las instrucciones con capturas de pantalla de los pasos que se deben seguir para el correcto uso del manual de mantenimiento técnico.

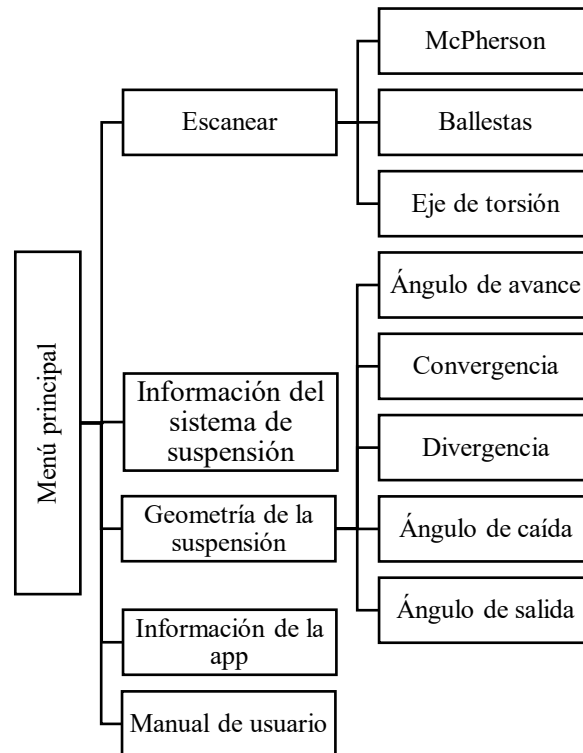


Figura 3. 9 Estructura del menú de la aplicación

La Figura 3.9 muestra la estructura del menú principal de la aplicación, una vez culminado el sistema de menús, el último paso es exportar todas las escenas creadas. La exportación constituye en crear un archivo digital que permita instalar la aplicación en dispositivos móviles con sistema operativo Android y que posean las características de soportar aplicaciones con la tecnología de realidad aumentada.

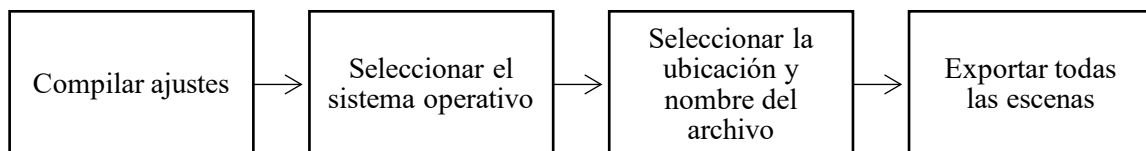


Figura 3. 10 Exportación de software

En la Figura 3.10 nos muestra un diagrama de flujo con las cuatro etapas que se realizó para la exportación de la aplicación, indica que debemos compilar cada uno de los ajustes, además, cargar cada una de las escenas de una manera jerárquica, para que al momento de abrir la aplicación se acceda una forma descendente y no al contrario.

En la selección del sistema operativo fue necesario escoger uno para dispositivos móviles Android, como paso antepenúltimo, queda poner nombre conjuntamente con una ubicación a nuestro archivo, y finalmente exportar las escenas, para que el usuario pueda instalar en su dispositivo móvil y empezar a usar la aplicación.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. PARQUE AUTOMOTOR NACIONAL

Se recopiló información de la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador, nos muestra una lista de los vehículos más vendidos en el país, realizando una clasificación entre marcas y segmentos de vehículos en periodo de años. Dicha información permite identificar a la mayoría de los vehículos que transitan por las carreteras del país, así conocemos los tipos de suspensión que necesitaran un mantenimiento previo, y poder crear un modelo de asistente técnico enfocado a los mismos.

Tabla 4. 1 Ventas anuales de vehículos por segmento en unidades

AÑO	AUTOMÓVILES	SUV's	CAMIONETAS
2015	30 297	21 804	15 088
2016	27 760	17 057	11 070
2017	45 696	33 739	15 200
2018	58 854	45 139	19 464
2019	54 192	45 266	18 406

Fuente: (AEADE, 2019, pág. 96)

La Tabla 4.1 muestra datos de la clasificación de ventas anuales pertenecientes a los vehículos más vendidos en Ecuador, identificamos que desde el año 2015 hasta 2019 ha sido liderado por el segmento de los automóviles, seguido por los SUV's y camionetas, estos valores estadísticos nos sirve como indicativo, para dar prioridad a estos segmentos al momento de seleccionar un modelo para el diseño de la aplicación.

Tabla 4. 2 Ventas según marca en unidades

MARCA	2015	2016	2017	2018	2019
CHEVROLET	40 265	28 375	41 101	45 605	45 605
KIA	7 647	8 486	18 223	23 141	22 171
HYUNDAI	5 678	4 930	9 443	13 568	9 382
TOYOTA	3 651	2 951	4 804	7 947	7 821
GREAT WALL	2 445	2 717	6 792	8 380	7 305

Fuente: (AEADE, 2019, pág. 105)

En la Tabla 4.2 se muestra las estadísticas de las ventas en función de dos factores que son la marca de vehículos y periodo de años desde 2015 hasta 2019, como resultado tenemos que la marca más comercializa en Ecuador es Chevrolet según datos estadísticos de la AEADE.

4.2. CARACTERIZACIÓN Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Para la selección del sistema de vehículos se tomó en cuenta la información de la Tabla 4.1 y 4.2, nos mencionan que los más vendidos son los automóviles, y cuentan es su mayoría con sistema de suspensión McPherson. Para este estudio se optó por elegir dos modelos: el modelo Chevrolet Aveo Emotion y un Toyota Prius.

En el caso de los vehículos SUV's la mayoría tienen sistema de suspensión de brazos arrastrados. Las camionetas poseen el sistema de suspensión de eje rígido con ballestas. En esta investigación hubo la facilidad de realizar pruebas y mediciones en una camioneta Volkswagen Amarok que disponen los talleres de la Universidad Técnica del Norte.

Se hizo la caracterización y desarrollo de cada uno de los componentes de cada sistema de suspensión en función de la metodología planteada, el software seleccionado fue SolidWorks 2019 versión educativa, además, se analizó siete parámetros relevantes necesarios para este estudio que son: compatibilidad con diferentes formatos, conocimientos previos, curva de aprendizaje, calidad de diseño, interfaz intuitiva, detalle de ingeniería y que presten una versión estudiantil, como resultado se tuvo una puntuación de seis sobre siete. Para un mejor

desempeño del software SolidWorks 2019 se necesitan equipos con las características que se muestran en la Tabla 4.3.

Tabla 4. 3 Requisitos del equipo

Sistema operativo	Windows 10 64 bits
Procesador	3.3 GHz
RAM	16 GB
Tarjeta gráfica	2 GB

Fuente: (DASSAULT SYSTEM, 2020)

Luego de haber tomado medidas de las diferentes piezas de cada sistema de suspensión y pasar al programa CAD, se obtuvo los siguientes resultados. En el software de diseño se crearon componentes en 3D de las piezas del sistema McPherson, ballestas y eje de torsión, ingresando los datos mediante el sistema CGS el cual maneja centímetros, gramos y segundos.

4.2.1. CARACTERIZACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN MCPHERSON

El vehículo seleccionado ha sido el Chevrolet Aveo en función del análisis de las estadísticas de las ventas anuales mencionadas en la Tabla 4.1 y 4.2, en este caso se disponía del modelo Emotion, a continuación, en la Tabla 4.4 se detalla las características técnicas que dispone este modelo de automóvil.

Tabla 4. 4 Características técnicas Chevrolet Aveo Emotion 2014

Alimentación	MPI
Nro de Cilindros	4 (en línea)
Nro de válvulas	16
Relación de compresión	9.5:1
Sistema de encendido	Electrónico
Dirección	Hidráulica
Potencia (HP)	103
Suspensión amortiguadores	Hidráulicos telescópicos
Suspensión delantera tipo	Independiente McPherson
Suspensión posterior tipo	Eje de torsión

Fuente: (CHEVROLET, 2014, pág. 2)

En las instalaciones de la mecánica “Hermanos Bermeo” proporcionaron un vehículo Chevrolet Aveo Emotion que posee la suspensión McPherson, pudo ser desmontada cada una de sus piezas y se facilitó la toma de medidas con instrumentos de precisión como calibrador Vernier, flexómetro, micrómetro de interiores y micrómetro de exteriores, además se realizó una galería de fotografías para su posterior diseño. Fueron diseñadas 15 piezas, a continuación, la Tabla 4.5 presenta el listado de cada una de ellas, los planos estructurales utilizados para el diseño de los componentes conjuntamente con las diferentes vistas del ensamble se encuentran desde el anexo 1 hasta el 16.

Tabla 4. 5 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión McPherson

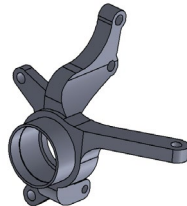
Nombre	Pieza 3D
Mangueta	

Tabla 4.5 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión McPherson
(Continuación...)



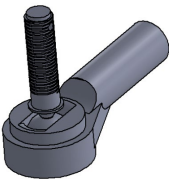


Amortiguador	
Muelle	
Rótula	
Axial	
Barra estabilizadora	

Tabla 4.5 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión McPherson
(Continuación...)

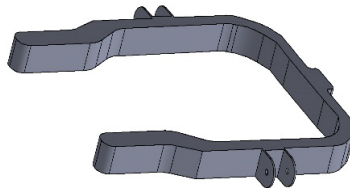
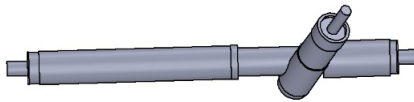
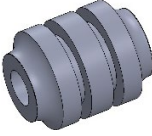
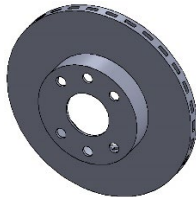
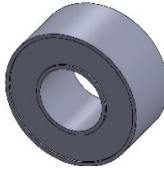
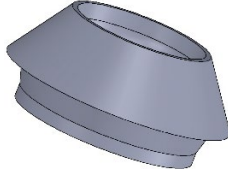

Brazo de suspensión	
Tirante de la suspensión	
Cuna	
Caja de dirección	
Tope elástico	

Tabla 4.5 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión McPherson
(Continuación...)

Disco de freno	
Rodamiento de cubo	
Apoyo superior muelle	
Cubo	

Después de haber realizado el diseño de todas las piezas por separado se procedió con el ensamble en 3D del sistema McPherson en el software SolidWorks, se utilizaron funciones de concéntrica, paralelo, y puntos fijos para verificar que no existan errores en los puntos estructurales de cada uno de los elementos.

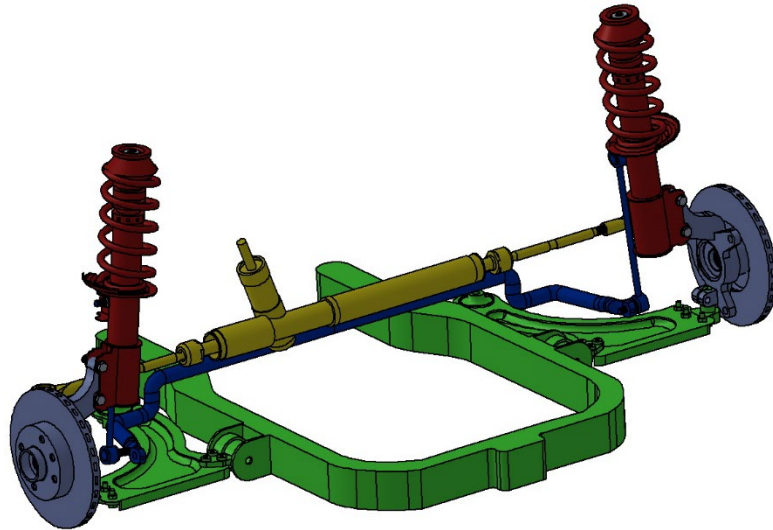


Figura 4. 1 Ensamble 3D sistema de suspensión McPherson

En la Figura 4.1 se muestra una vista isométrica del sistema de suspensión McPherson, se encuentra distribuido por el conjunto amortiguador, muelle, terminales, axiales, mangueta y brazos de suspensión, el punto cero que se utilizó como referencia para el proceso de ensamblaje de este conjunto fue la cuna o puente, debido a que es un elemento que se mantiene fijo.

4.2.2. CARACTERIZACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA CON EJE DE TORSIÓN

En los talleres de la Universidad Técnica del Norte existe un vehículo Toyota Prius año 2012 de tercera generación, en el que se realizaron las pruebas y mediciones del sistema de suspensión con eje de torsión, la Tabla 4.6 presenta las características técnicas del automóvil.

Tabla 4. 6 Características técnicas Toyota Prius 2012

Alimentación	Gasolina/Electricidad
Nro de Cilindros	4 (en línea)
Nro de válvulas	16
Relación de compresión	13:1
Sistema de encendido	Electrónico
Dirección	Hidráulica
Potencia (HP)	136
Suspensión amortiguadores	Hidráulicos telescópicos
Suspensión delantera tipo	Independiente McPherson
Suspensión posterior tipo	Eje de torsión

Fuente: (AUTODATA, 2019)

En las instalaciones de los talleres de la Universidad Técnica del Norte se realizaron las mediciones en el vehículo Toyota Prius el cual posee en la parte posterior el sistema de suspensión con eje de torsión, se ubicó el vehículo en el elevador para facilitar el acceso a cada una de las piezas para su posterior toma de medidas, de igual manera se creó una galería de fotografías para su posterior diseño. Fueron modeladas digitalmente 6 piezas, a continuación, la Tabla 4.7 presenta el listado de cada de ellas.

Tabla 4. 7 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión con eje de torsión



Nombre	Pieza 3D
Amortiguador	
Muelle	

Tabla 4. 7 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión con eje de torsión
(Continuación...)

Apoyo superior del muelle	
Barra estabilizadora	
Travesaño	
Conjunto del tambor	

Después de haber realizado el diseño de todas las piezas por separado, se procedió con el ensamble del sistema de suspensión con eje de torsión en el software SolidWorks como se muestra en la Figura 4.2 una vista isométrica.

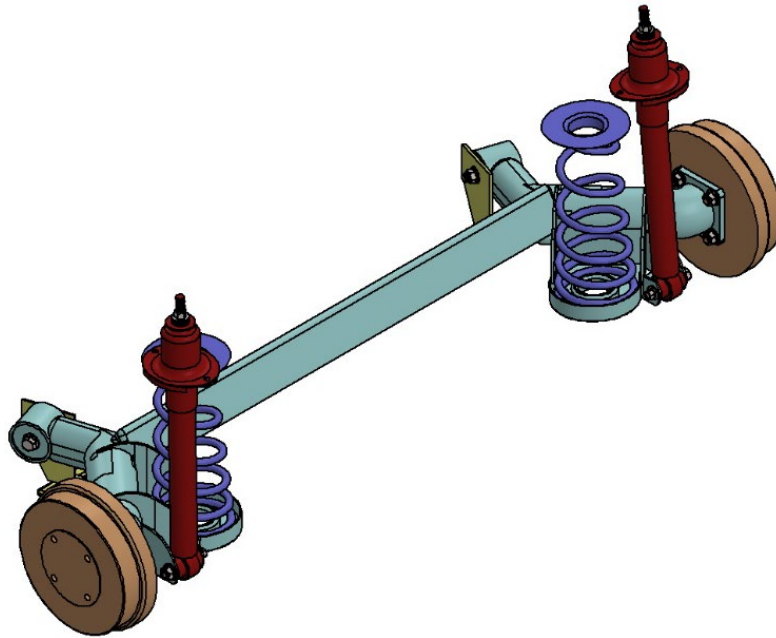


Figura 4. 2 Ensamble 3D sistema de suspensión con eje de torsión

La Figura 4.2 muestra el ensamble del sistema de suspensión con eje de torsión, el punto cero utilizado fue el elemento del travesaño, debido a que se mantiene fijo, los planos estructurales utilizados para el diseño de cada elemento conjuntamente con las vistas del ensamble se encuentran ubicados desde el anexo 17 hasta el 23.

4.2.3. CARACTERIZACIÓN Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE EJE RÍGIDO

Las camionetas comercializadas en Ecuador son las Amarok y tienen el sistema de suspensión trasera de eje rígido con ballestas. A continuación, en la Tabla 4.8 se detalla las características técnicas de la misma.

Tabla 4. 8 Ficha técnica de la camioneta Volkswagen Amarok

Alimentación	Diésel
Nro de Cilindros	4 (en línea)
Nro de válvulas	16
Inyección	Turbo Directa- Common Rail
Cilindraje	1.968 (cc)
Dirección	Hidráulica
Potencia (HP)	140
Suspensión delantera tipo	Independiente tipo McPherson de doble brazo
Suspensión posterior tipo	Eje rígido con ballestas

Fuente: (Volkswagen AG, 2020)

La carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz de la Universidad Técnica del Norte posee una camioneta Volkswagen Amarok de suspensión con ballestas en la parte posterior, la cual se utilizó para la toma de medidas de cada uno de los elementos a digitalizar. Fueron diseñadas 8 piezas, a continuación, la Tabla 4.9 presenta el listado de cada uno de los componentes constitutivos de este tipo de sistema.

Tabla 4. 9 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión con ballestas

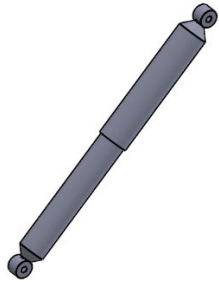
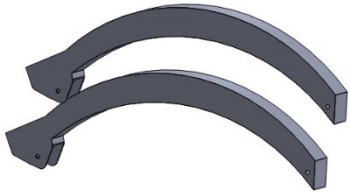
Nombre	Pieza 3D
Amortiguador	
Bastidor	

Tabla 4. 9 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión con ballestas
(Continuación...)


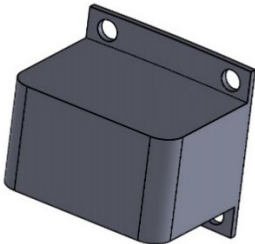


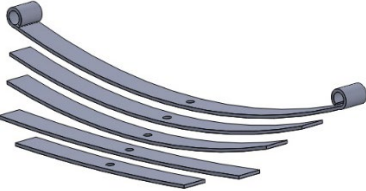

Gemela de las ballestas	
Tope de hule	
Almohadilla	
Perno en U	
Hojas de ballestas	

Tabla 4. 9 Diseños 3D componentes del sistema de suspensión con ballestas
(Continuación...)

Diferencial	
-------------	--

Después de haber realizado el diseño de todas las piezas por separado del sistema de suspensión de eje rígido con ballestas, se procedió con el ensamble en el software SolidWorks, para verificar que no existan errores en los puntos estructurales de cada uno de los elementos.

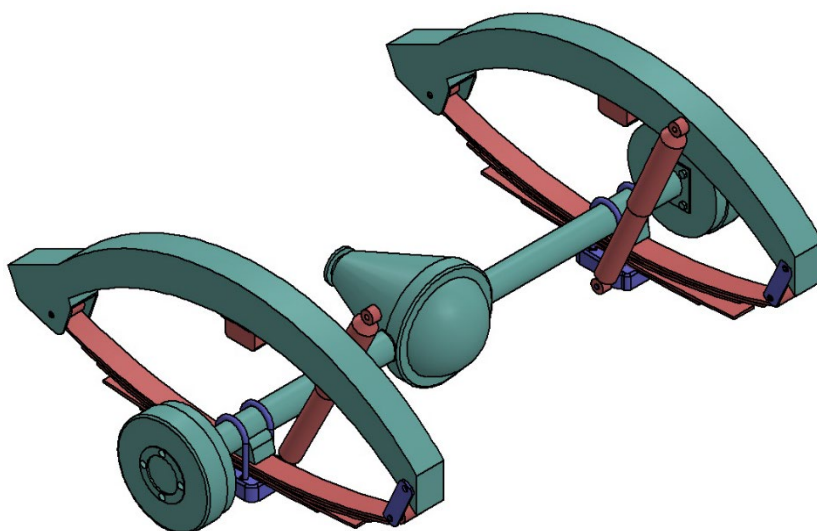


Figura 4. 3 Ensamble 3D sistema de suspensión con ballestas

La Figura 4.3 nos indica una vista isométrica del sistema, el punto cero que se utilizó fue el elemento llamado diferencial, es un componente estructural que se mantiene fijo, este modelo está dividido en conjuntos de elementos fijos, sujeción y amortiguación, los planos estructurales que se utilizó para el diseño de cada uno de los elementos conjuntamente con el ensamble y sus respectivas vistas se encuentran desde el anexo 24 hasta el 32.

4.2.4. CAMBIO DE FORMATO DE CADA ELEMENTO

Las piezas digitalizadas en el software SolidWorks se guardaron con la extensión SLT, este tipo de formato tiene la cualidad de convertir la estructura en malla, ayudando a mejorar la eficacia del color, para crear una aplicación de mayor calidad. El proceso para almacenar en formato STL se demora dependiendo las características del ordenador en el que se esté realizando y de la complejidad que tenga el elemento realizado, este proceso se basa en crear puntos estructurales internamente y externamente por medio de los objetos en forma de rombos.

Además, el peso de cada una de las piezas también aumenta, como es en el caso del amortiguador perteneciente al sistema con eje de torsión, el formato que guarda por defecto el software SolidWorks es SLDPRT, su peso 224 KB, pero al cambiar por la extensión STL aumenta a 2 647 KB.

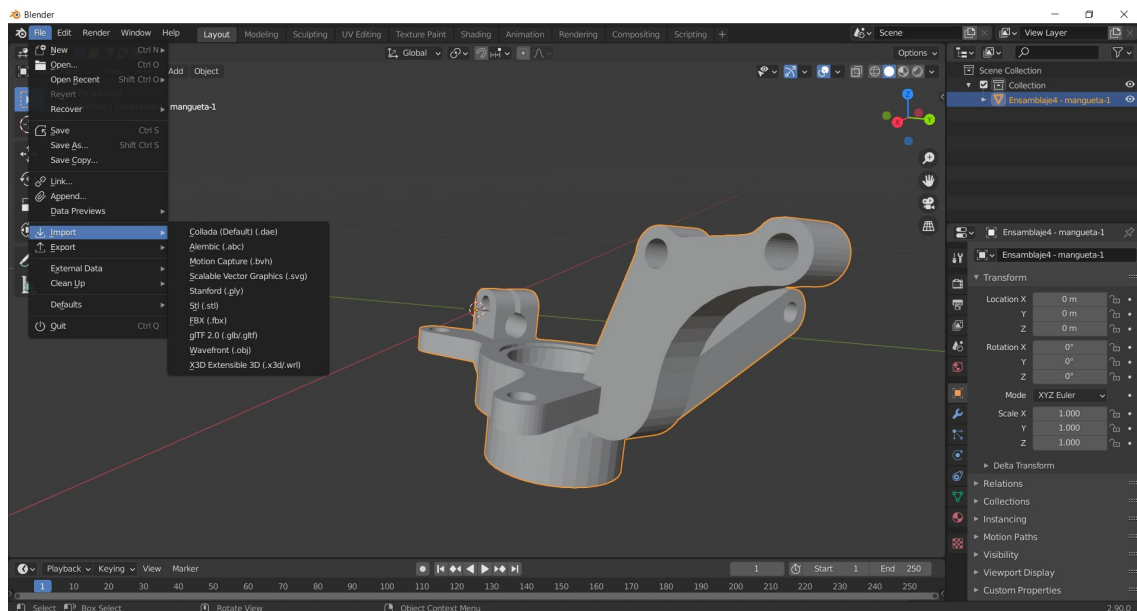


Figura 4. 4 Importación de mangueta con extensión SLT

En la Figura 4.4 se muestra la ventana del software Blender, necesaria para poder exportar a un motor gráfico, en este proceso fue necesario iterar con cada uno de los formatos hasta poder llegar a uno que reconozca el motor gráfico sin tener errores en los puntos estructurales, después de haber realizado varias pruebas la extensión compatible fue la de blend.

4.3. CONFIGURACIÓN DEL MOTOR GRÁFICO Y REALIDAD AUMENTADA

En función del proceso establecido en la metodología el software Unity ha obtenido una mayor puntuación respecto a los demás softwares planteados, la calificación que obtuvo fue de nueve sobre diez obteniendo mayor desempeño en función de los parámetros mencionados. En la Tabla 4.10 se puede observar los requisitos mínimos que se necesitan en un ordenador como mínimo para un buen desempeño.

Tabla 4. 10 Requisitos mínimos del motor gráfico Unity 2019.4.10f1 (LTS)

Sistema operativo	Windows 10 64 Bits
Procesador	X64
RAM	1 GB
Tarjeta de video	DX10 o superior

Fuente: (UNITY , 2020, pág. 12)

Ingresando a la página oficial de Unity se descargó el archivo Unity Hub con la versión 2.3.2, al instalar a este paquete se procede a la selección de la versión de motor gráfico, para este caso de estudio se seleccionó Unity 2019.4.10f1 (LTS), consta con las funcionalidades de realidad aumentada y es la más actual hasta la fecha en la que se creó este proyecto.

4.3.1. ADICIONAR MÓDULOS VISUAL ESTUDIO Y PLATAFORMA ANDROID

Se adicionó el módulo “Microsoft Visual Studio Community 2019” que es una herramienta de desarrollo libre integrada en la versión de Unity Hub 2.3.2, necesaria para las configuraciones adicionales que se desarrollaron en la aplicación. También se incorporó el módulo “Andorid Build Support”, indispensable para la compatibilidad con dispositivos inteligentes que manejan la plataforma Android.

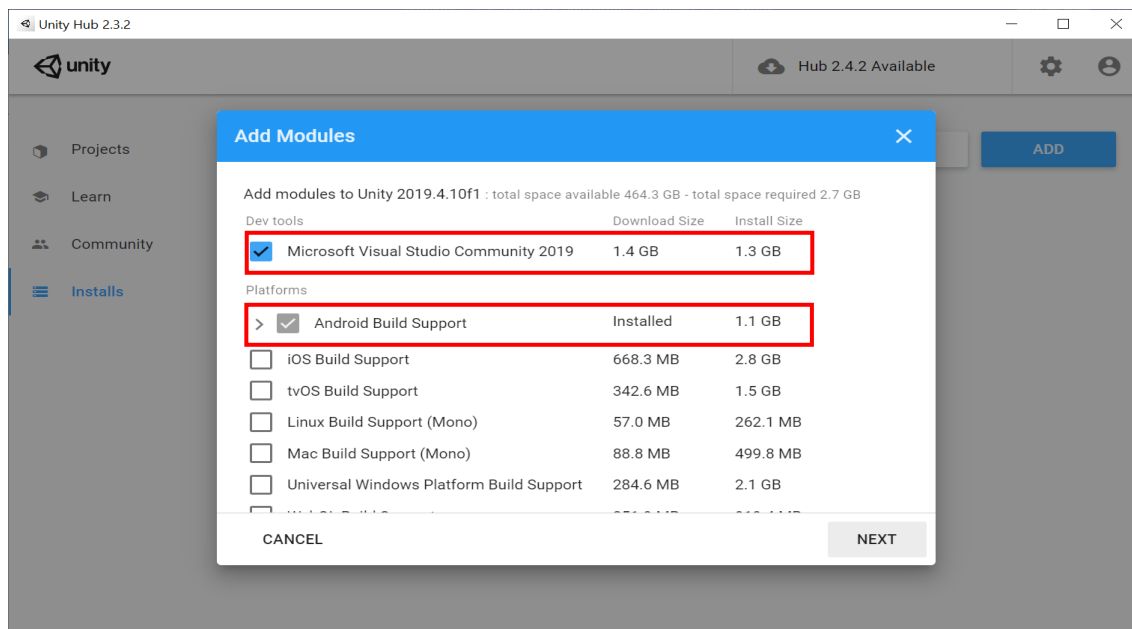


Figura 4. 5 Adición módulos en Unity

En la Figura 4.5 se indica los paquetes que se encuentran disponibles en Unity Hub, archivos que ayudan con la compatibilidad para diferentes plataformas, en este caso se muestra los elementos que se instalaron conjuntamente con los valores del tamaño de descarga e instalación.

4.3.2. SELECCIÓN Y CONFIGURACIÓN LIBRERÍA DE REALIDAD AUMENTADA

La librería seleccionada para el desarrollo fue Vuforia SDK, en función de la metodología planteada en la que se analizó varios parámetros siendo la que tuvo una mayor puntuación de siete sobre ocho, respecto a las demás librerías. Dentro de la página oficial de Vuforia se creó una cuenta personal, para poder obtener un código de licencia que permita compilar datos de configuraciones realizadas conjuntamente con el motor gráfico de Unity.

En la página oficial de Vuforia constantemente se actualizan las versiones de desarrollo, para la fecha en la que se realizó el proyecto se dispone de la versión 9.5. Una vez descargado el paquete de archivos, el siguiente paso es exportar a Unity el archivo con el nombre de “Add Vuforia Engine to a Unity Project or upgrade to the latest versión” para poder disponer la

opción de realidad aumentada, el conjunto de módulos no viene integrado por defecto en el motor gráfico es por eso necesario realizar el proceso externamente.

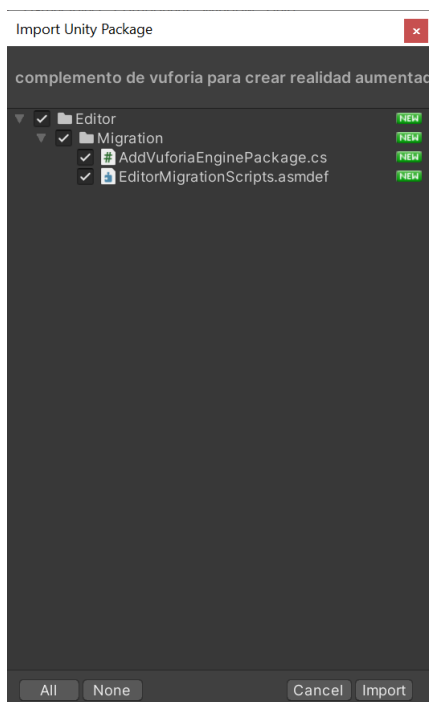


Figura 4. 6 Adición del paquete Vuforia en Unity

La Figura 4.6 muestra el proceso de la exportación de los archivos necesarios provenientes de la librería de Vuforia SDK, necesarios para la compatibilidad de configuraciones realizadas en la herramienta de realidad aumentada con el motor gráfico.

Una vez importado el paquete de Vuforia en Unity, para agregar el soporte de realidad aumentada se realiza la siguiente configuración en el menú file, Build settings, luego se ingresa a player settings y se marca la casilla Virtual Reality Supported. Con esta configuración ya se tiene disponible el motor gráfico para poder realizar un proyecto con realidad aumentada, pero mientras se desarrolla el trabajo, la lectura de objetos dependerá de las configuraciones que se realice, es por eso que será necesario más adelante agregar un archivo digital conocido como “Asset” compatible con Unity con el formato de “.unitypackage” en el cual integra las configuraciones de distancia y ángulo de visión para la de detección de objetos físicos, estas configuraciones se pueden realizar en una de las herramientas pertenecientes a la librería de realidad aumentada.

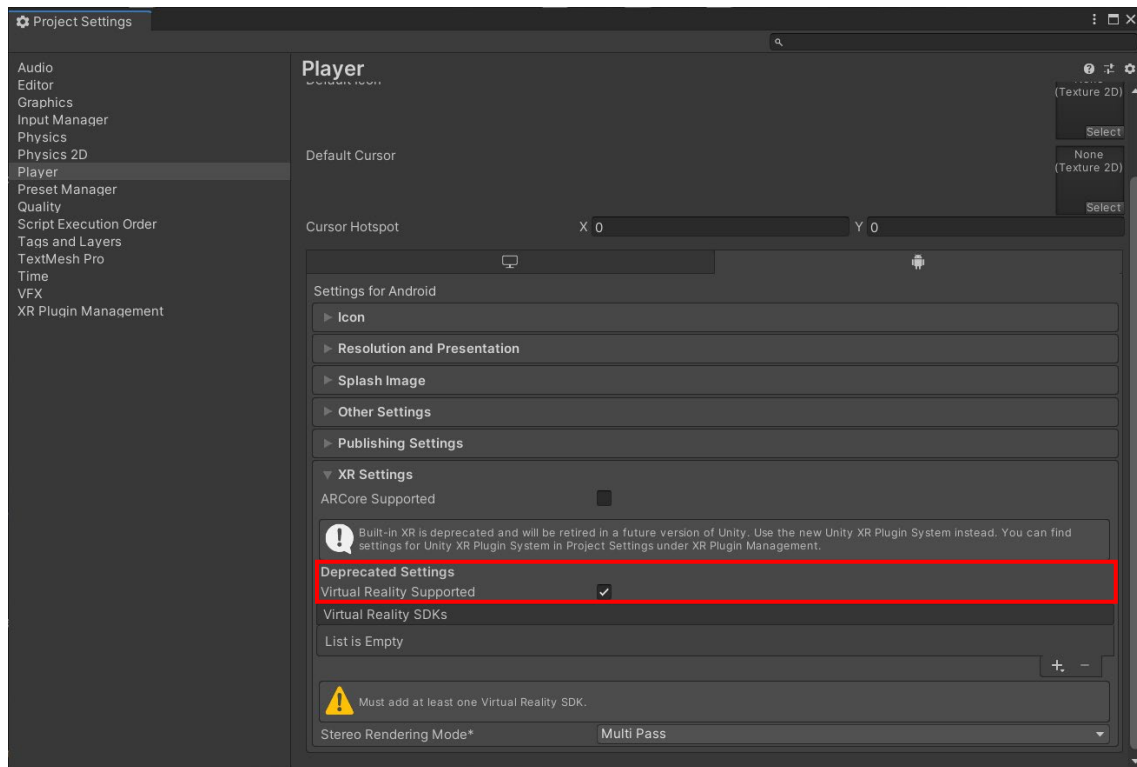


Figura 4. 7 Configuración realidad aumentada en Unity

La Figura 4.7 presenta la opción que se seleccionó en las configuraciones del motor gráfico, para activar módulos de realidad aumentada que ayudaran con el desarrollo de la aplicación.

Una de las cualidades por la que Vuforia SDK es utilizada para el desarrollo de aplicaciones con realidad aumentada es por la gama de herramientas que contiene dentro de la plataforma, entre las que están: Vuforia Model Target Generator, Vuforia Area Target Generator, Vuforia Area Target Creator, Vuforia VuMark Designer y Vuforia Object Scanner. Para la selección de una herramienta que se adapte a este proyecto se realizó un proceso de iteración con el objetivo de llegar a una que permita la identificación de objetos sin la necesidad de tener un marcador o código Qr como referencia. La herramienta seleccionada fue “Vuforia Model Target Generator” en su versión 9.4.6, tiene la característica de crear siluetas del objeto que se desea reconocer, a su vez permite configurar la distancia y el ángulo de visión.

Para el conocimiento de objetos se descargó tres modelos CAD de formato obj de la página de libre acceso 3dwarehouse.sketchup.com en la que se realizó la búsqueda de los vehículos seleccionados, luego se exporto cada uno de los archivos a la herramienta de Model Target Generator para tener una base de datos, de esta forma se pudo configurar la distancia y el

ángulo de visión para poder escanear un objeto mediante el dispositivo móvil. Por último, se guardó las configuraciones para su posterior exportación al motor gráfico de Unity.

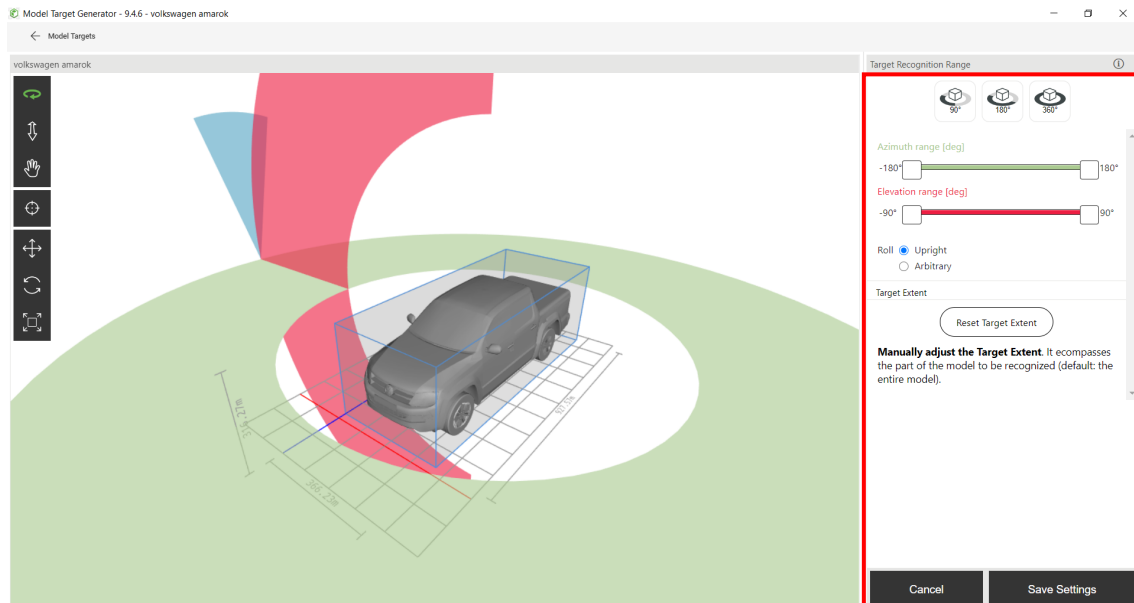


Figura 4. 8 Configuración de distancia y ángulo de visión

La Figura 4.8 muestra las configuraciones que fueron necesarias realizar en la herramienta de Model Target Generator para la detección de un objeto físico, en este caso se ejemplifica para la camioneta Volkswagen Amarok.

4.4. DISEÑO DE LA APLICACIÓN

Esta aplicación es desarrollada mediante Unity con realidad aumentada, es un manual de mantenimiento técnico que integra información técnica detallada del sistema de suspensión entre los que están las partes, geometría de la suspensión, procesos de desmontaje y montaje, las configuraciones que se podrán visualizar son: McPherson, eje de torsión y ballestas.



Figura 4. 9 Pantalla aplicación versión 1.0

En la Figura 4.9 se muestra la pantalla principal de la primera aplicación realizada, al momento de elaborar las pruebas correspondientes, se encontraron varios problemas como el diseño de sus paneles, no contenían los colores y el material multimedia adecuado. Al escanear los objetos físicos, la figura virtual que se superpone sobre el real no se mantenía estable, perdiendo el enfoque realístico y otro de los inconvenientes fue la información que se detallaba en la misma no era suficientemente técnica.

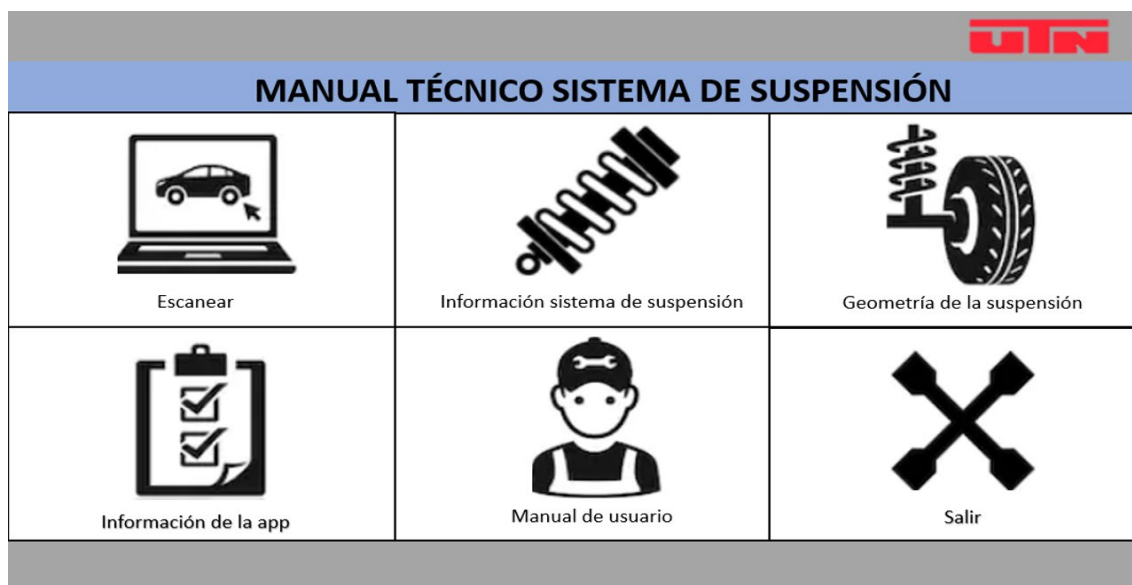


Figura 4. 10 Pantalla principal aplicación 2.0

La Figura 4.10 es la pantalla principal de la aplicación 2.0 en la cual se puede observar seis iconos creados en Unity mediante la opción de canvas, en los que se encuentran el escaneo para el reconocimiento de objetos físicos que permitirá ingresar al sistema de realidad

aumentada, en el siguiente grupo tenemos información sobre el sistema de suspensión en el que se detalla características técnicas, partes, ubicación y averías esto para las tres configuraciones seleccionadas, en el tercer apartado se encuentra datos relacionados con el reglaje y la geometría tales como ángulos de avance, caída, salida, convergencia y divergencia.

Además, encontramos en el cuarto icono información sobre el autor, motivo por el cual se creó la aplicación y referencias bibliográficas de los manuales de taller utilizados para el desarrollo del aplicativo. También, se integró en el quinto icono un manual de usuario, que ayude con el uso correcto de la misma. Y en el sexto apartado tenemos el icono de salir, para que una vez culminado el proceso de interacción con la aplicación el usuario pueda cerrar de una manera correcta.

4.4.1. PANTALLA ESCANEAR

La Figura 4.11 muestra la interfaz que se podrá visualizar una vez seleccionado el sistema de escanear, está conformada por tres botones que pertenecen a los tres tipos de suspensión seleccionados en función de la metodología, cada uno de ellos permitirá ingresar al sistema de realidad aumentada en la que se podrá interactuar con cada una de las piezas según sea el sistema elegido.

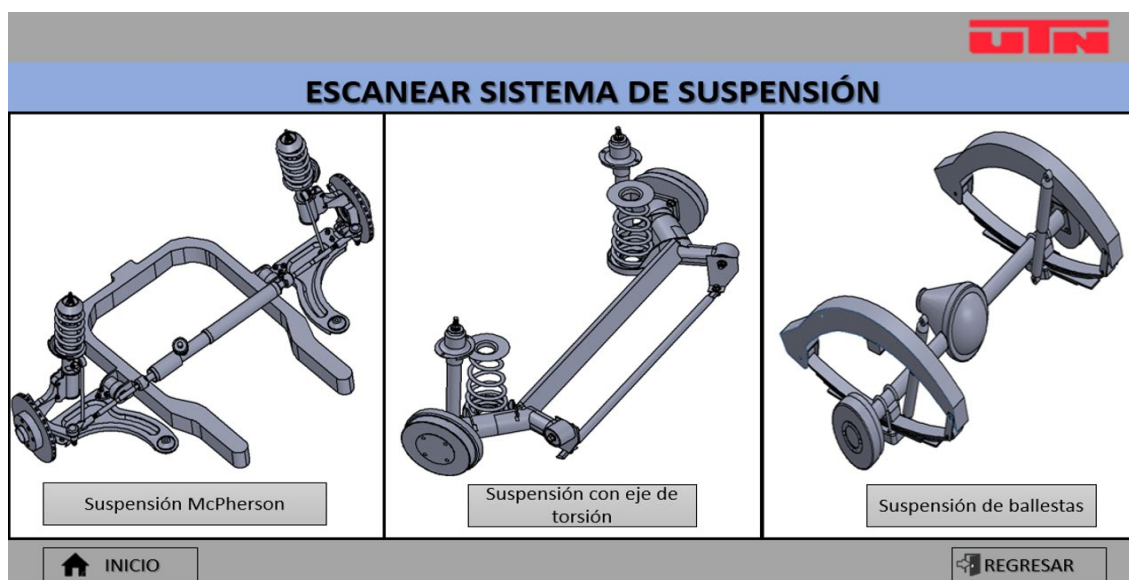


Figura 4. 11 Pantalla escanear sistema de suspensión

Al hacer clic en una de las opciones se accede al sistema de realidad aumentada, se podrá visualizar una silueta que se debe hacer coincidir con el objeto que se desea visualizar, el resultado será como se muestra en la Figura 4.12,0 el objeto virtual se superpone sobre el objeto físico combinando el entorno virtual con el real. Además, se podrá acceder a la ficha del vehículo seleccionado.

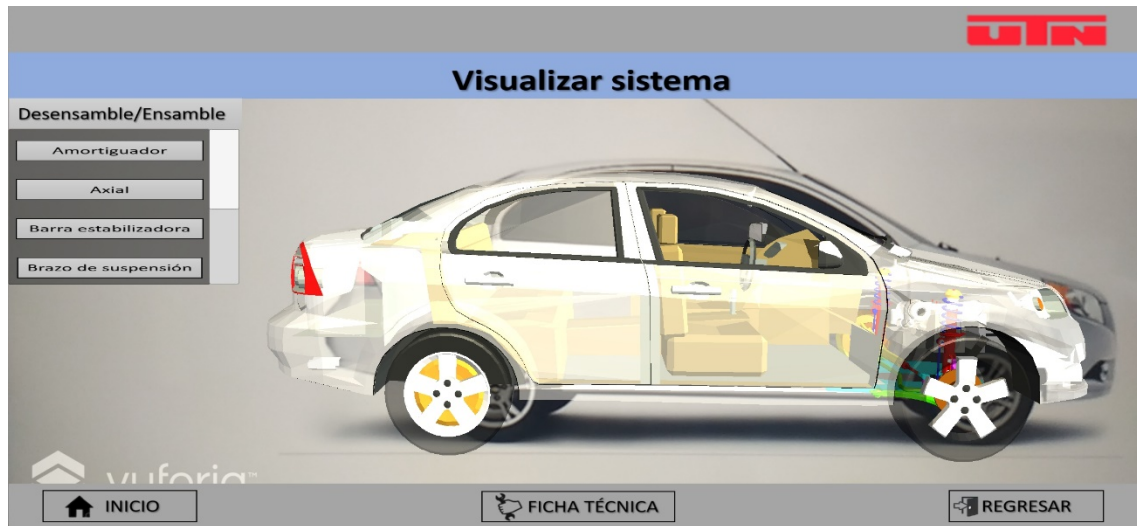


Figura 4. 12 Escáner sistema McPherson

La Figura 4.13 muestra la línea de tiempo perteneciente al desmontaje del conjunto amortiguador, este tipo de animación se realizó para cada elemento como: amortiguador, axial, barra estabilizadora, brazo de suspensión, mangueta, muelle, rótula y tirante de suspensión. El proceso fue creado mediante las herramientas de animation y animator pertenecientes a Unity, la primera ayudo a crear clips de movimiento de cada elemento y la otra configuró las transiciones que se desean visualizar para cada uno de los clips creados, el time laspe como lo llama el motor gráfico se configuró con secciones de un segundo. Para la simulación del desensamblable y ensamble, se modificó las coordenadas de cada uno de los elementos, en función de la información brindada por el manual de taller.

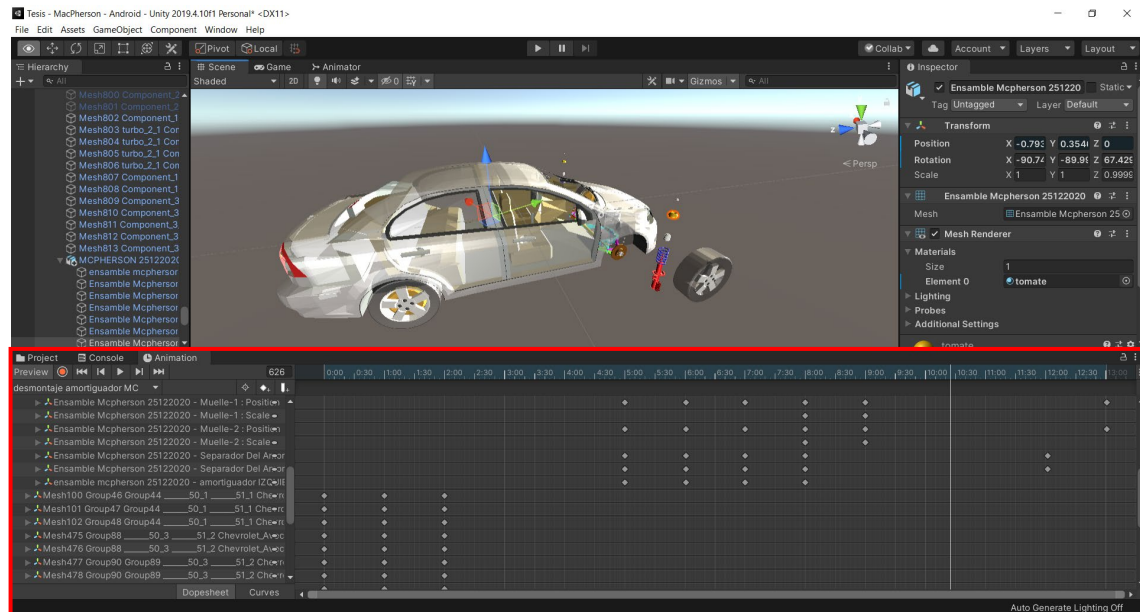


Figura 4. 13 Animaciones creadas con animation y animator conjunto amortiguador McPherson

En la Figura 4.14 se puede visualizar el resultado de la animación perteneciente al conjunto amortiguador, en la parte superior izquierda tenemos cada uno de los botones creados independientemente para cada elemento, estos botones fueron creados mediante la opción de canvas programados para mostrar el entorno de la opción seleccionada por el usuario.

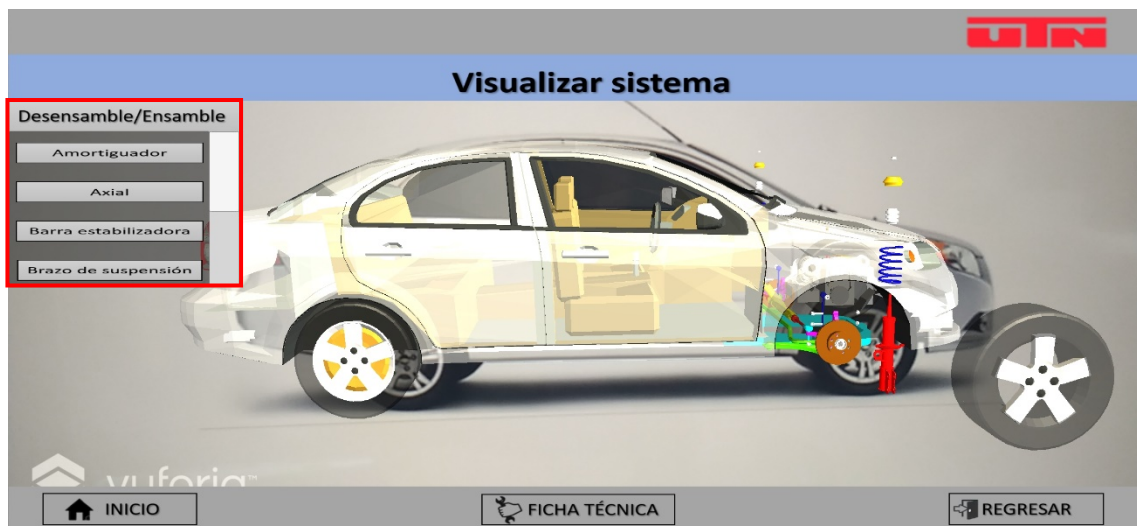


Figura 4. 14 Desmontaje amortiguador realidad aumentada sistema McPherson

Al hacer clic en la opción número dos se accede al sistema de realidad aumentada para realizar el proceso de escanear de la configuración con eje de torsión, para poder escanear se debe hacer coincidir la silueta del dispositivo móvil con la del vehículo, de esta manera se

realizará la superposición del objeto virtual sobre el físico cambiando el entorno digital con el real como se muestra en la Figura 4.15 que pertenece al vehículo Toyota Prius. Además, se podrá acceder a la ficha técnica del vehículo seleccionado.

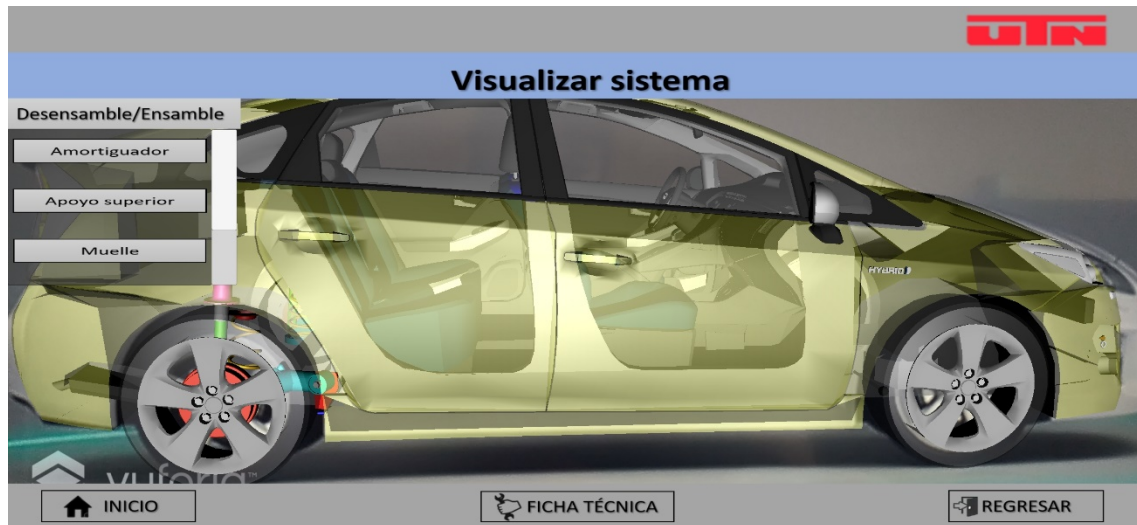


Figura 4. 15 Escáner sistema eje de torsión

La Figura 4.16 presenta el proceso de desmontaje del conjunto amortiguador, este tipo de animación se realizó para cada elemento como: amortiguador, apoyo superior, muelle, barra estabilizadora y travesaño. Este proceso se realizó de igual manera como en el sistema McPherson, mediante conjuntos de elementos dependiendo el proceso de desmontaje y montaje.

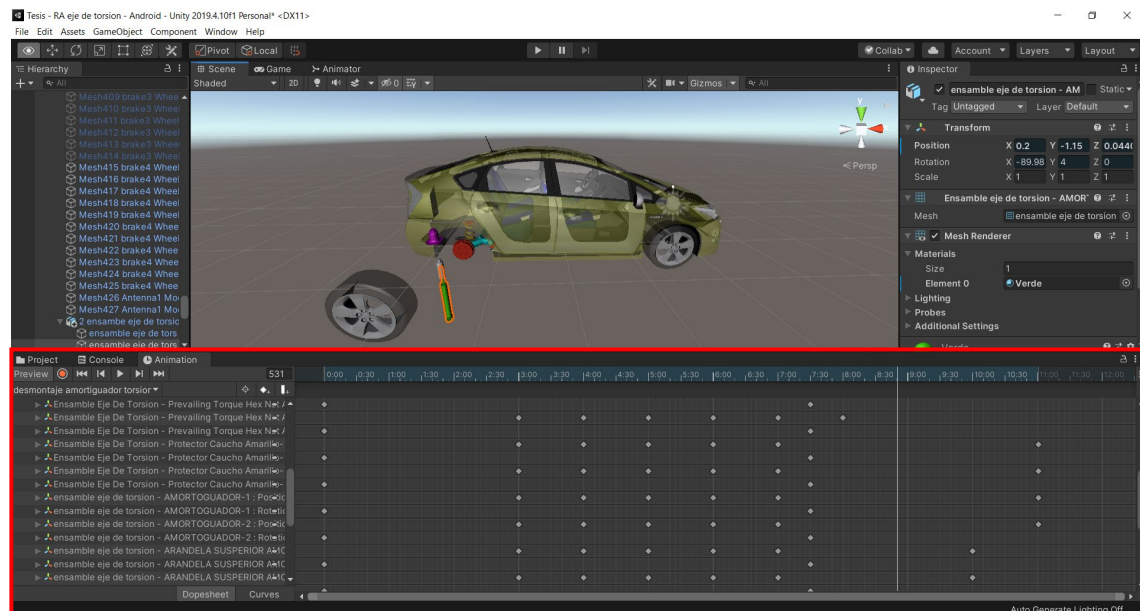


Figura 4. 16 Animaciones creadas con animation y animator conjunto amortiguador eje de torsión

En la Figura 4.17 se puede visualizar el resultado de la animación del conjunto del amortiguador, en la parte superior izquierda tenemos cada uno de los botones creados independientemente para cada elemento, estos botones fueron realizados mediante la opción de canvas programados para mostrar el entorno de la opción seleccionada por el usuario.

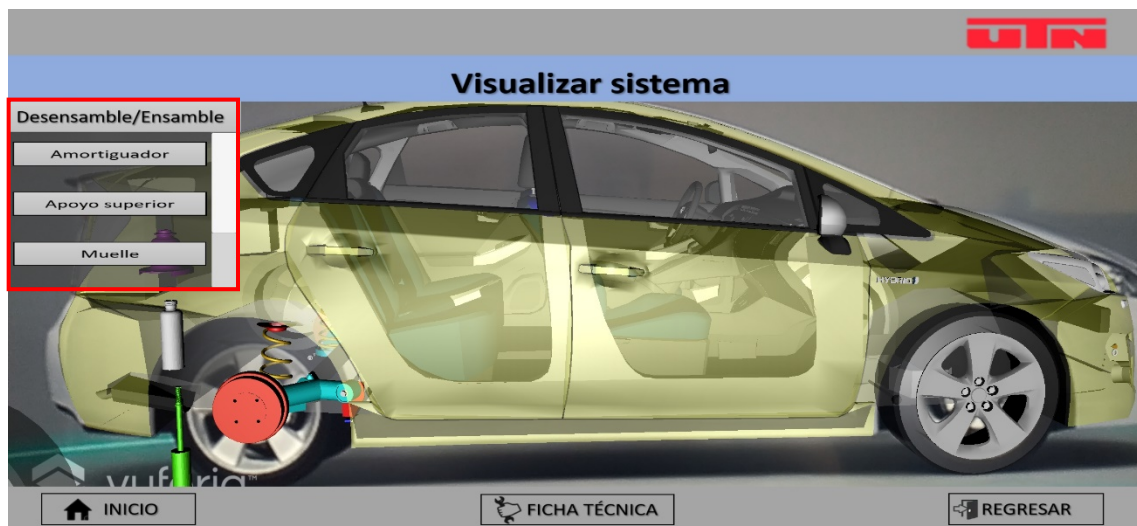


Figura 4. 17 Desmontaje amortiguador realidad aumentada sistema eje de torsión

Al seleccionar la opción número tres que pertenece sistema de eje rígido mediante realidad aumentada, al igual que los anteriores sistemas mencionados, se podrá visualizar la silueta de la camioneta Volkswagen Amarok la cual se deberá hacer coincidir con los bordes del

objeto, en este caso es una camioneta con sistema de eje rígido, una vez realizado este proceso se podrá observar como un objeto virtual ejecuta la superposición sobre uno físico combinando el entorno virtual con en real. Además, en el panel en el cual se está visualizando el sistema se integró una opción para poder dirigirse a la ficha técnica de la camioneta. A continuación, se presenta en la figura 4.18 la interfaz del escaneo del sistema de la suspensión de ballestas.

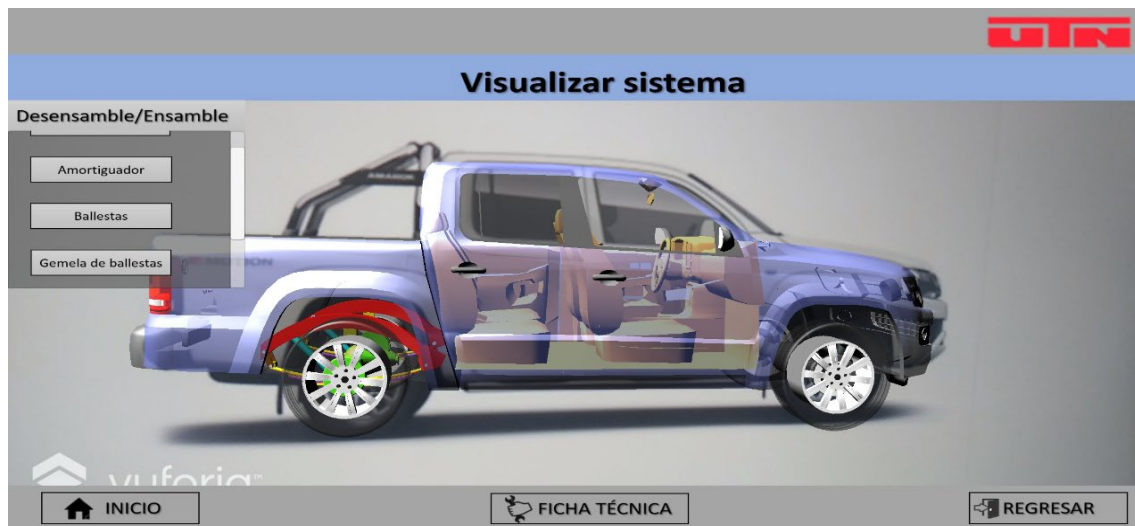


Figura 4. 18 Escáner sistema de ballestas

La Figura 4.19 presenta proceso de desmontaje del conjunto con ballestas, este tipo de animación se realizó para cada elemento como: almohadilla, amortiguador, ballesta, gemela de ballesta, perno en U y tope de hule. Las configuraciones de tiempo y cambio de coordenadas se ejecutaron con la herramienta de animation y animator, la primera ayudo a crear clips de movimiento de cada elemento y la otra configuró las transiciones que se desean visualizar para cada uno de los clips creados, el time laspe como lo llama el motor gráfico se configuró en secciones de un segundo. Cada uno de los movimientos se ejecutó en función de la información detallada por el manual de taller.

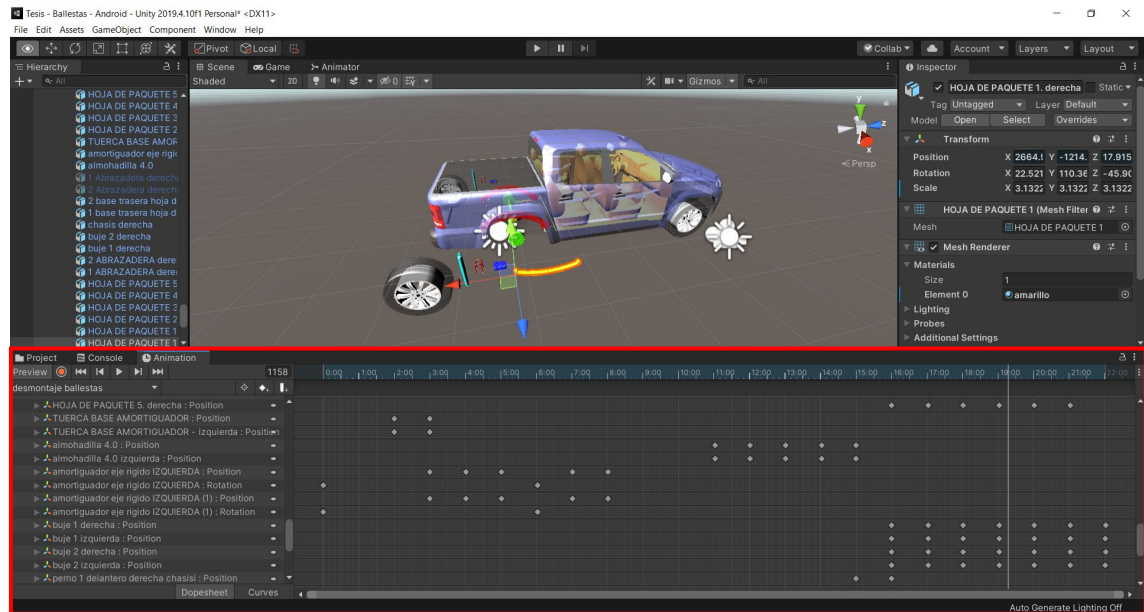


Figura 4. 19 Animaciones creadas con animation y animator conjunto de ballestas

En la Figura 4.20 se puede visualizar el resultado de la animación del conjunto del amortiguador como se muestra en un dispositivo móvil, en la parte superior izquierda tenemos cada uno de los botones creados independientemente para cada elemento, estos botones fueron diseñados mediante la opción de canvas y están programados para ejecutar las animaciones de cada uno de los componentes.

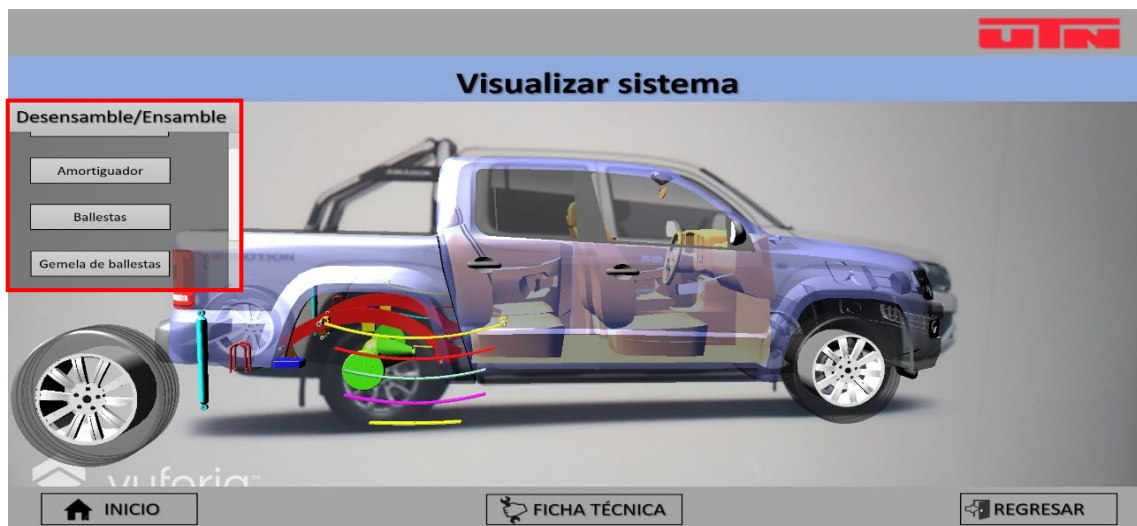


Figura 4. 20 Desmontaje ballestas realidad aumentada sistema de ballestas

4.4.2. PANTALLA INFORMACIÓN DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

Esta ventana está compuesta por cinco botones en la que están integrados, tipo de suspensión, masas suspendidas, tolerancias físicas según el periodo de oscilación de la carrocería, porcentaje de amortiguación según el tipo de vehículo, averías y diagnóstico todos estos contienen información técnica de los mismo, además, se agregó dos botones de inicio y regresar, para agilizar el uso de la aplicación.

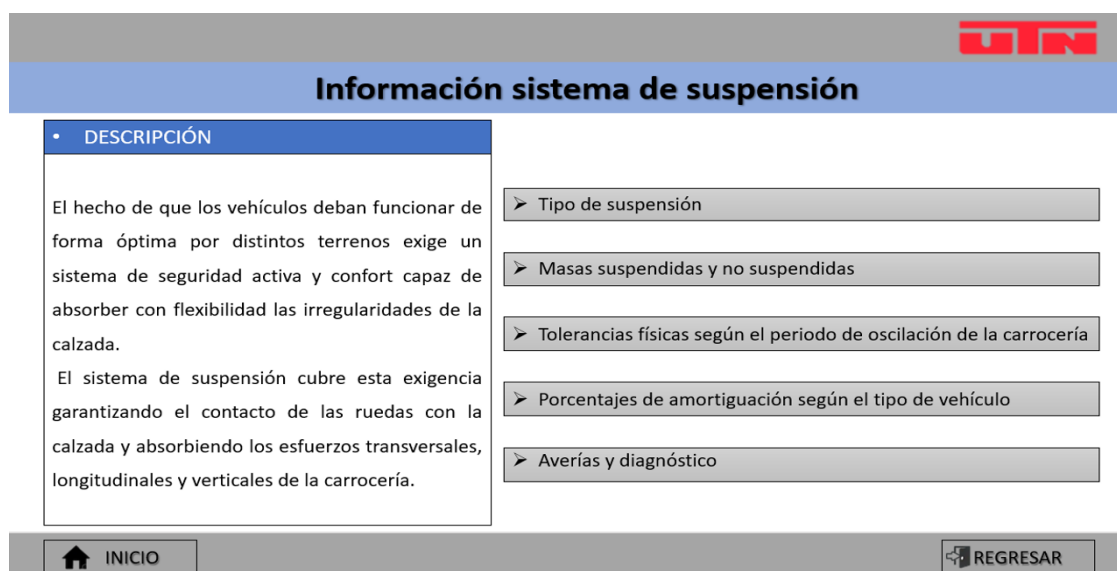


Figura 4. 21 Pantalla información sistema de suspensión

El botón “Tipo de suspensión” contiene tres botones de los modelos de suspensión con información sobre las partes constitutivas, conjuntamente con su respectiva descripción de funcionamiento, también se integró un apartado en él se puede visualizar cada uno de los sistemas en 3D con mayor detalle, las acciones que se pueden realizar en la interfaz son de despiece, giro y acercamiento.

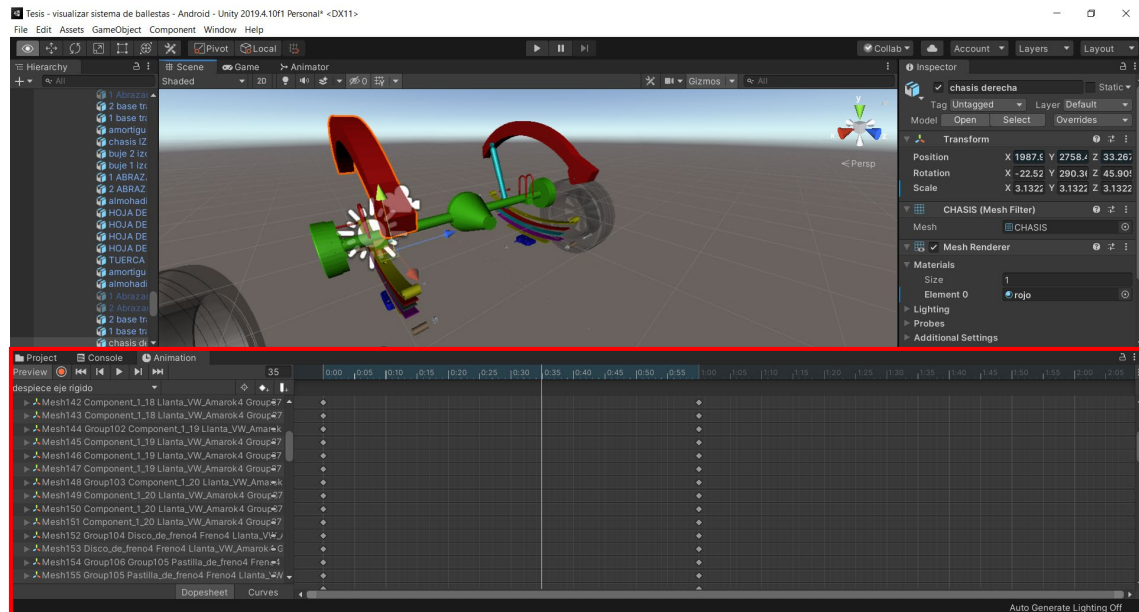


Figura 4. 22 Configuración para visualización 360 grados de sistema de suspensión de eje rígido

El proceso de despiece se realizó de igual manera que en el desensamble de realidad aumentada con la herramienta de animation y animator, para poder girar el ensamble a 360 grados se agregó un asset que permita realizar esta función. En la Figura 4.22 se muestra la interfaz de Unity en el apartado en el que se realizó las configuraciones necesarias para el proceso de visualización del sistema de eje rígido.

4.4.3. PANTALLA GEOMETRÍA DE LA SUSPENSIÓN

Esta pantalla contiene información sobre el ángulo de caída, ángulo de salida, ángulo de avance, convergencia, divergencia cada una con una imagen ilustrativa que permita concretar de una manera la descripción de cada uno, además, se creó menús deslizables con la opción de canvas sobre averías por fallas en los ángulos de las ruedas y ejemplo de cotas de ángulos en un vehículo.

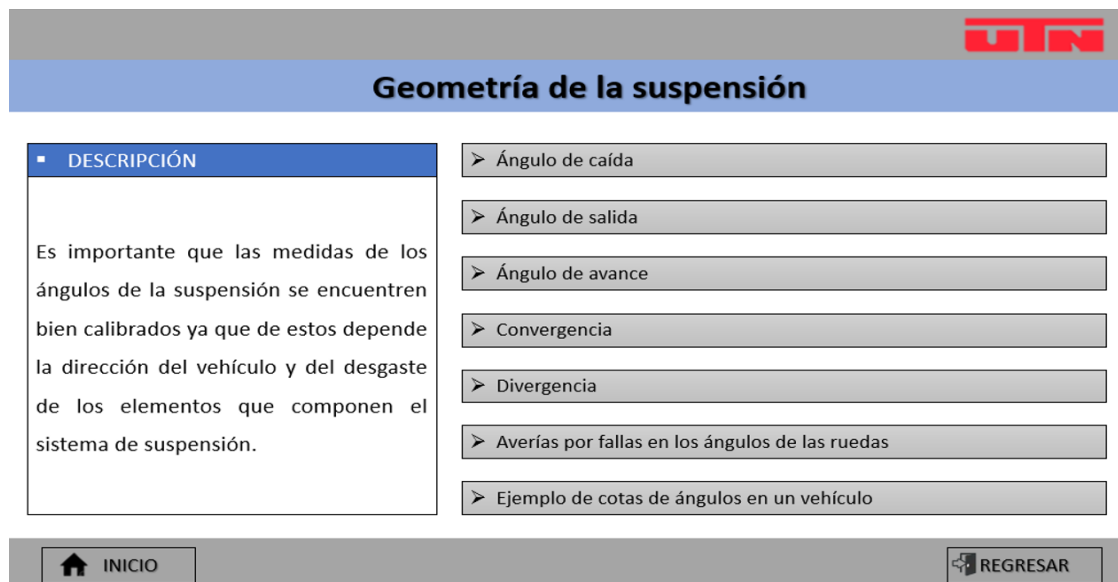


Figura 4. 23 Pantalla geometría de la suspensión

La Figura 4.23 contiene cinco botones con información técnica de la geometría de la suspensión y dos botones que proporcionan información sobre averías y ejemplos de cotas.

4.4.4. PANTALLA INFORMACIÓN DE LA APP

Esta pantalla está compuesta por tres botones que son: “ACERCA DE”, “INFORMACIÓN SOBRE EL AUTOR” Y “REFERENCIAS” en el primero se menciona sobre el motivo por el cual se realizó el aplicativo, en el segundo botón encontramos datos sobre el autor y en el tercero encontramos los manuales técnicos de taller que se utilizaron y sirvieron como apoyo para el diseño de la aplicación.

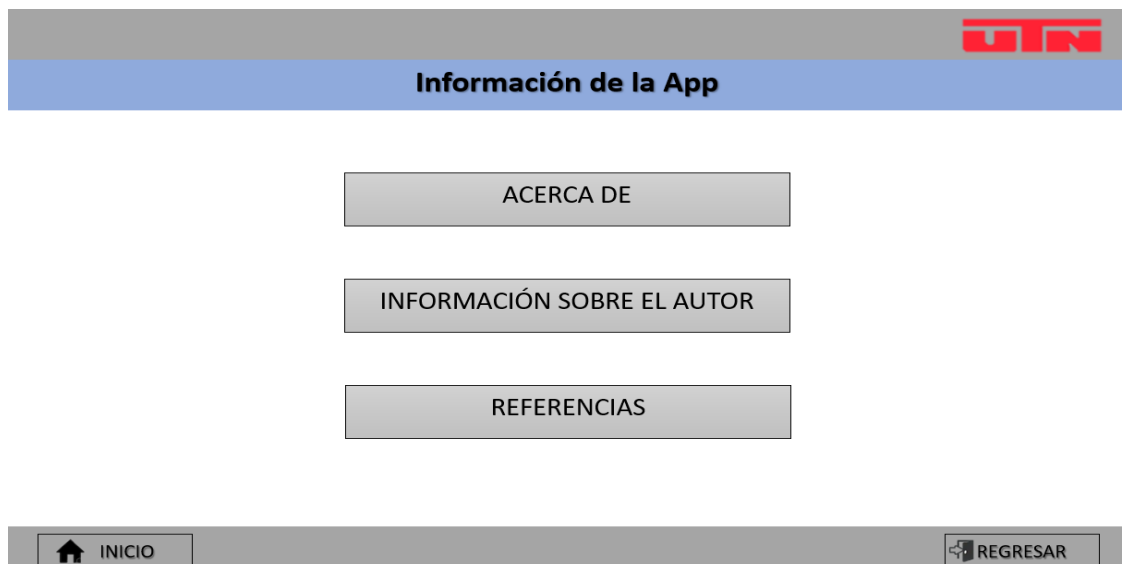


Figura 4. 24 Pantalla información de la APP

En la Figura 4.24 se muestra la interfaz que se mostrara al momento de seleccionar en el menú principal la opción “información de la app”.

4.5. MANUAL DE USUARIO

Esta aplicación se diseñó empleando SolidWorks, el motor gráfico Unity y la librería de Vuforia. El manual tiene la funcionalidad de escanear objetos y presentarlos mediante realidad aumentada combinando los objetos virtuales y reales del entorno en los que se encuentre el usuario.

Tiene como objetivo agilizar el aprendizaje y optimización de recursos en el campo del mantenimiento automotriz, el aplicativo está enfocado en los sistemas de suspensión McPherson, eje de torsión y ballestas, de los vehículos en especial Chevrolet Aveo Emotion, Toyota Prius y camioneta Volkswagen Amarok, los cuales fueron integrados en la base de datos del software Unity. Además, fue diseñada para dispositivos móviles con sistema operativo Android. A continuación, se menciona los requerimientos mínimos de hardware que debe tener un dispositivo móvil para realizar la instalación.

Los requisitos son: Teléfonos inteligentes compatibles con realidad aumentada que integren sistema operativo Android: 7.0 en adelante.

- Memoria RAM: 1 GB mínimo.
- Almacenamiento: 500 MB mínimo de espacio disponible.
- Cámara: 13 MP mínimo.

Para el proceso de instalación se debe tener el archivo de esta aplicación, después se procede a instalar siguiendo los pasos correspondientes según se muestra en la interfaz.

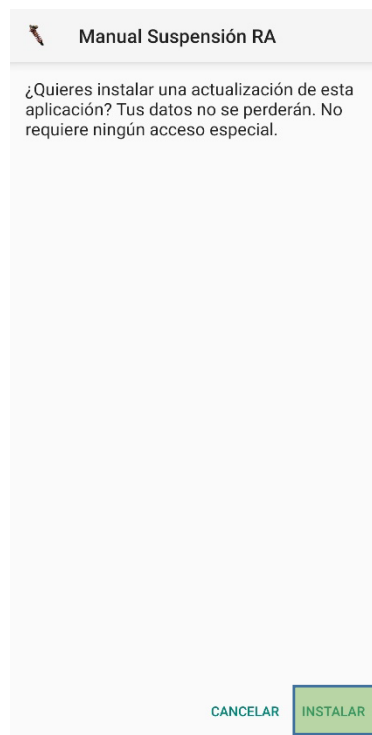


Figura 4. 25 Interfaz proceso de instalación

En la Figura 4.25 se puede observar la opción que se tiene que seleccionar, una vez realizado este paso, ya solo queda hacer uso del aplicativo.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Los elementos constructivos del sistema de suspensión están compuestos en su mayoría por varias aleaciones con el acero y elastómeros, capaces de soportar fenómenos mecánicos como la tracción, extensión, compresión y fluencia, para cumplir con el cometido de la absorción de impactos bruscos producidos por obstáculos en la carretera, los componentes en conjunto de cada configuración brindan una tolerancia física de oscilación que varía de 0.9 a 1.0 (seg/Hz) que da como resultado una sensación de confort para los ocupantes, además, la incorporación del amortiguador y el muelle ayudan a que el sistema pueda ser controlado.
- En su totalidad se digitalizó en formato 3D 29 elementos constitutivos de todos los sistemas de suspensión seleccionados. La implementación de líneas constructivas fue adecuada para el modelado de superficies con múltiples caras irregulares, la creación de múltiples planos supone un proceso de mayor tiempo y gasto computacional.
- La velocidad de detección de objetos físicos depende del GPU y la cámara posterior del dispositivo móvil, la velocidad de procesamiento de la ampliación fue de 30 FPS por defecto, la configuración de la herramienta de realidad aumentada proporcionó varios ángulos de detección, pero para el reconocimiento principal solo se guardó una, en este caso la vista lateral derecha, y las demás se utilizó como referencia para el seguimiento del objeto.
- La interfaz del motor gráfico permite configurar la compatibilidad para varios sistemas operativos destinados a teléfonos móviles y tamaños de pantallas sin necesidad de hacer cambios estructurales en el desarrollo de la aplicación, se debe

implementar los módulos correspondientes para el software que se desee realizar, en este caso se desarrolló una aplicación para dispositivos móviles con sistema Android que integra tecnología de realidad aumentada y su funcionamiento es offline.

5.2. RECOMENDACIONES

- La información bibliográfica de elementos que componen el sistema de suspensión y procesos de mantenimiento se encuentra en los manuales técnicos de taller, este tipo de información no es de fácil acceso para el público, por lo que se sugiere ampliar los conocimientos investigando a los técnicos automotrices sobre el tema.
- Para proyecto futuro se sugiere utilizar un software de pago que realice el escáner de piezas y las digitalice en 3D, agilizando de esta forma los procesos de desarrollo de la aplicación, además, posteriormente se puede subir a la plataforma de Google Play Store para su comercialización.
- La herramienta para la detección de objetos físicos Model Target Generator conforma una configuración avanzada para el escáner principal, en la que se puede modificar ángulos, distancias y coordenadas, cada una de las vistas seleccionadas permitirá la identificación y rastreo del modelo hasta 360 grados en tiempo de ejecución mediante la API de Vuforia SDK, es aconsejable utilizar las vistas laterales, ya que logran un óptimo reconocimiento.
- Para un correcto funcionamiento de la aplicación se debe disponer de un dispositivo móvil con características de software con sistema operativo 7.0 Android, en hardware 1 GB de RAM, 500 MB almacenamiento disponible y una cámara posterior de 13 MP como mínimo.

REFERENCIAS

1. Aconda Analuiza, C. R. (2019). *Diseño de una herramienta de aprendizaje con realidad aumentada aplicada a la capacitación técnica*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17215>.
2. AEADE. (2019). *Anuario 2019*. Obtenido de Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador: <https://www.aeade.net/anuario/>.
3. Ahn, S., Ko, H., & Yoo, B. (2014). Webizing mobile augmented reality content. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 79-100.
4. Alonzo Pérez, J. M. (2008). *Técnicas del automóvil CHASIS* (Octava ed.). Madrid, España: Paraninfo, SA.
5. Arias Paz, M. (2004). *MANUEL DE AUTOMÓVILES* (Vol. 55). MADRID, ESPAÑA: S.L. CIE INVERSIONES EDITORIALES DOSSAT-2000. Recuperado el 1940
6. AUTODATA. (2019).
7. Bautista Rojas, B. O. (2011). *Metodología para el desarrollo de escenarios virtuales con VRML*. Ibarra, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1085>.
8. BLIPPAR GROUP. (Agosto de 2020). *EASILY CREATE YOUR OWN INTERCATIVE AUGMENTED REALITY EXPERIENCES*. Obtenido de LAYAR: <https://www.layar.com/>.
9. Borychi, D. (2019). *Programming for Mixed Reality with Windows 10, Unity, Vuforia, and UrhoSharp*. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=5iBqDwAAQBAJ&pg=PT547&dq=vuforia&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiyq6fCjaLqAhWhiOAKHcpOAW4Q6AEwAXoECAUQA#v=onepage&q=vuforia&f=false>.
10. Calvo Martín, J., & Miravete de Marco, A. (1997). *MECÁNICA DEL AUTOMÓVIL ACTUALIADA*. Zaragoza: INO Reproducciones S.A.
11. Caraguay Correa , C. A., & Caraguay Correa, S. J. (Febrero de 2015). *Diseño y construcción del sistema de suspensión de un vehículo monoplaza para la competencia Formula Student*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8929>.
12. Chen, H., He, H., Mo, J., Li, J., & Yang, X. (2016). 3D registration based perception in

- augmented reality environment. *Cogent Engineering*.
doi:<http://dx.doi.org/10.1080/23311916.2016.1263037>.
13. CHEVROLET. (31 de Agosto de 2014). *FICHA TÉCNICA: DETALLES Y ESPECIFICACIONES*.
Obtenido de CHEVROLET AVEO EMOTION.
 14. DASSAULT SYSTEM. (Septiembre de 6 de 2020). *SOLIDWORKS and SW Data Management System Requirements*. Obtenido de SOLIDWORKS:
<https://www.solidworks.com/sw/support/SystemRequirements.html>.
 15. Domínguez Soriano, E. J., & Ferrer Ruiz, J. (2013). *Elementos Automoviles*. Madrid: Editex.
 16. Domínguez, E. J., & Ferrer, J. (2011). *Circuitos de Fluidos. Suspensión y Dirección*. Sevilla, España: Macmillan.
 17. Fernández Benavidez, R. (2019). *Programación de Videojuegos: Para SEGA Saturn*. México: PRESCI PRESS.
 18. FreeCAD. (10 de 10 de 2020). *FreeCAD modelador paramétrico 3D*. Obtenido de FreeCAD:
https://www.freecadweb.org/?lang=es_ES.
 19. Genta, G., & Morello, L. (2009). *The Automotive Chassis*. Springer.
 20. GODOT. (Agosto de 2020). *GODOT*. Obtenido de <https://godotengine.org/>.
 21. Gómez, S. (2014). *¿PUEDEN LOS VIDEOJUEGOS CAMBIAR EL MUNDO?* España: unireditorial.
 22. Gualpa Yumi, D. A., & Proaño Gamboa, O. D. (15 de Enero de 2019). *Diseño e implementación de un sistema Ciber-Físico con realidad aumentada para facilitar el desarrollo de prácticas de la estación de trabajo compacta MPS mediante el monitoreo y despliegue virtual de información en el Laboratorio de Mecatrónica*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE:
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/15632>.
 23. Iftene, A., & Trandabăţ, D. (2018). Enhancing the Attractiveness of Learning through Augmented Reality. *Procedia Computer Scienc*, 166-175.
 24. Jaguar Land Rover Limited. (9 de Abril de 2014). *THE TRANSPARENT BONNET*. Obtenido de LAND ROVER: <https://www.landrover.com/experiences/news/the-transparent-bonnet.html>.
 25. Jiménez Padilla, B. (2014). *Técnicas básicas de mecánica de vehículos*. Málaga, España: IC Editorial.
 26. Kudan. (Agosto de 2020). *Frontier on Commercial-grade Localization & Mapping Software*. Obtenido de Kudan: <https://www.kudan.io/>.
 27. Kurowski, P. (2018). *Engineering Analysis With SOLIDWORKS Simulation 2018*. Unite States

- Of America: SDC Publications. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=Ln1JDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=solidwork+espa%C3%B1ol&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjpn8rTnaLqAhWhnOAKHRepDzwQ6AEwAnoECAYQAg#v=onepage&q&f=false>.
28. Landa Cosio, N. A. (2013). *Unity*. Buenos Aires, Argentina: DALAGA S.A. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=aGi4tGr7yt8C&pg=PA16&dq=unity&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjyqOW2laLqAhXjUN8KHYYdaDxkQ6AEwAXoECAIQAg#v=onepage&q=unity&f=false>.
29. Lee, J., Doran, J., & Misra, N. (2016). *Unreal Engine: Game Development from A to Z*. BIRMINGHAM: Packt.
30. Lindon Mañas, M. (2017). *BLENDER, Curso Práctico*. Madrid, España: RA-MA.
31. Mesa Pilataxi, F. X. (Noviembre de 2015). *IMPLEMENTACIÓN Y PUESTA A PUNTO DE LOS SISTEMAS AUTOMOTRICES DE LA LIMUSINA ESCARABAJO*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/10597>.
32. Ministerio de Educación. (s.f.). *Tutorial de Sketchup*. Buenos Aires, Argentina: Sermient.
33. Muñoz Águila, F. B. (2012). *MODELO DIRECTO NO PARAMÉTRICO DE AMORTIGUADOR MAGNETO-REOLÓGICO BASADO EN REDES NEURONALES*. Madrid.
34. Navarro, F., Martínez, A., & Martínez, J. (2018). *Realidad Virtual y Realidad Aumentada*. Madrid: RA-MA. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=zL6fDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=realidad+aumentada&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwicKbntJ3qAhVrmeAKHRgcAWcQ6AEwBXoECACQAg#v=onepage&q=realidad%20aumentada&f=false>.
35. Perazo, C. (4 de Julio de 2020). *El diseño virtual irrumpe en la industria automotriz*. Obtenido de LA NACION: <https://www.lanacion.com.ar/autos/el-diseno-virtual-irrumpe-industria-automotriz-nid2389170>.
36. Perera Martí, A. (2000). *SISTEMAS DE SEGURIDAD Y CONFORT EN VEHÍCULOS AUTOMOVILES*. Barcelona, España: MARCOBO, S.A.
37. Planchard, D., & Planchard, M. (2011). *SolidWoks 2011 Tutorial*. Dassault Systemes S.A. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=GV1JiaYwWhEC&pg=PA3&dq=solidwork+espa%C3%B1ol&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjpn8rTnaLqAhWhnOAKHRepDzwQ6AEwAXoECAUQAg#v=onepage&q=solidwork%20espa%C3%B1ol&f=false>.
38. Proaño Mejía, R. A., & Delgado Terán, J. L. (2011). *ESTUDIO DE LOS FLUIDOS*

- MAGNETOREOLÓGICOS Y SU APLICACIÓN E IMPLEMENTACIÓN EN EL SISTEMA DE SUSPENSIÓN DEL VEHÍCULO BUGGY FÓRMULA FAU*. Latacunga, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/3809>.
39. Pusda Cheza, F. R., & Valencia Tipán, F. F. (1 de Junio de 2019). *Training Assistant for Automotive Engineering through Augmented Reality*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/20715>.
 40. Quandt, M., Knoke, B., Gorltd, C., Freitag, M., & Thoben, D. K. (2018). General Requirements for Industrial Augmented Reality Applications. *Procedia*, 1130-1135.
 41. Resani Martínez, E., Muñoz Torrejón, F. J., & García-Moya Sánchez, R. (2018). *Diagnosis preventiva del vehiculo y mantenimiento de su dotacion material*. España: Ediciones Nobel, S.A.
 42. Ritterfeld, U., Cody, M., & Vorderer, P. (2009). *SERIOUS GAME MECHANISMS AND EFFECTS*. New York: Routledge, Taylor and Francis Group.
 43. Rodríguez Vidal, C., & López Maroño, J. (2015). *Diseño mecánico con SOLIDWORKS 2015*. Madrid, España: RA-MA, S.A. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=_o2fDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=solidwork+espa%C3%B1ol&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjpn8rTnaLqAhWhnOAKHRepDzwQ6AEwBHoECAkQAg#v=onepage&q&f=false.
 44. Rojas Lazo, O., & Rojas Rojas, L. (2006). Diseño asistido por computador. *Industrial Data*, 7-15. doi:<https://doi.org/10.15381/idata.v9i1.5709>.
 45. SAE Internacional. (1 de Enero de 2008). SURFACE VEHICLE RECOMMENDED PRACTICE. *SAE J670*, pág. 73.
 46. Senabre Blanes, C. (2011). *Diseño mecánico con: Autodesk Inventor paso a paso*. ECU. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/utnorte/55055>.
 47. SENPLADES. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. Quito, Ecuador.
 48. Sorko, S. R., & Brunnhofer, M. (2019). Potentials of Augmented Reality in Training. *Procedia Manufacturing*, 85-90.
 49. UNITY. (6 de Septiembre de 2020). *System requirements for Unity 2019.4*. Obtenido de UNITY DOCUMENTATION: <https://docs.unity3d.com/Manual/system-requirements.html>.
 50. Vera Yáñez, D. A., Díaz, O., & Marcillo, D. (2014). *Aplicación móvil para apoyar al turismo*

del centro histórico de Quito, utilizando realidad aumentada y geolocalización.

Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE:

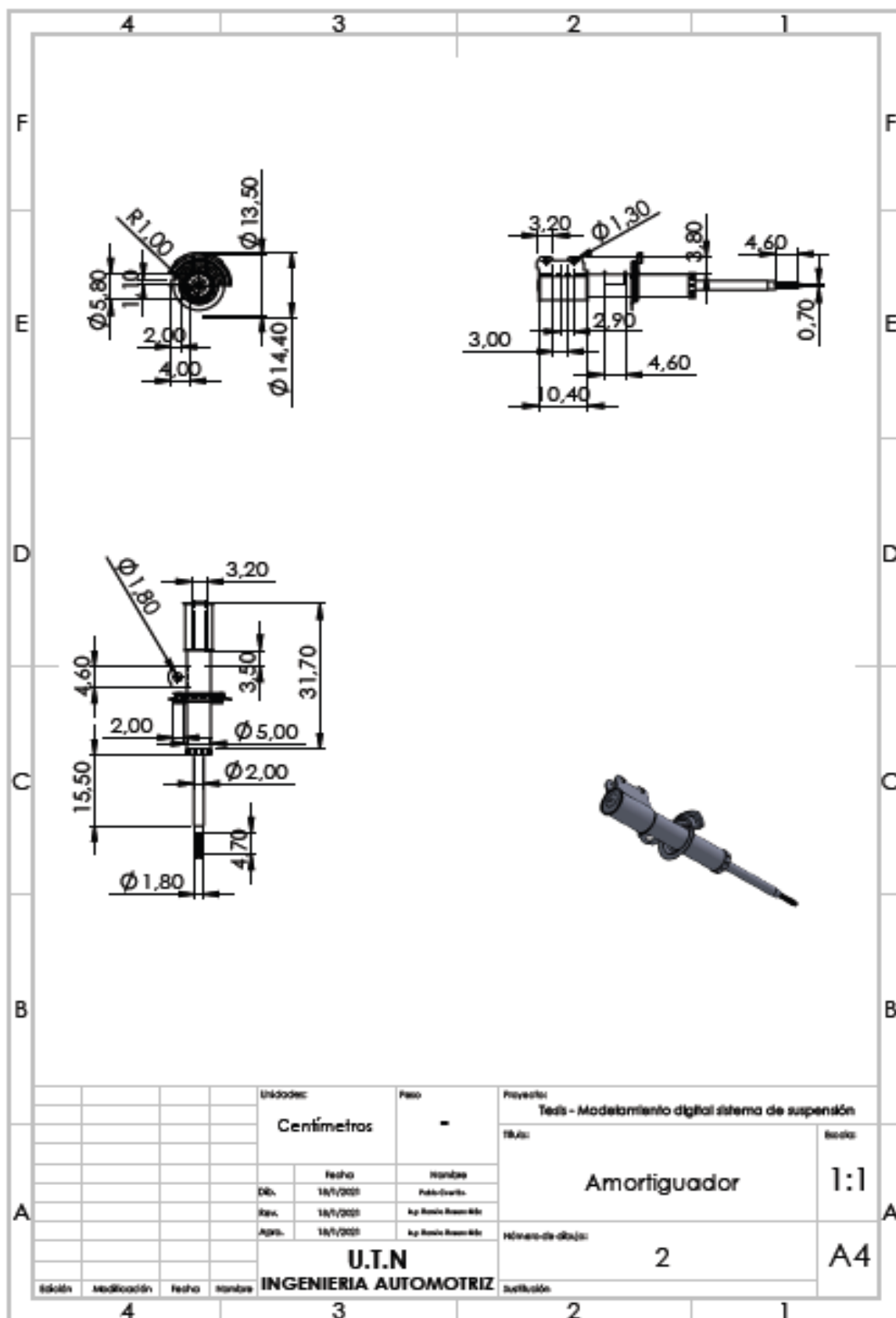
<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/8330>.

51. Volkswagen AG. (6 de Septiembre de 2020). *Ficha Técnica Amarok CMYK*. Obtenido de Volkswagen Amarok: <https://www.volkswagen.com.ec/es/modelos/new-amarok.html>.

ANEXOS

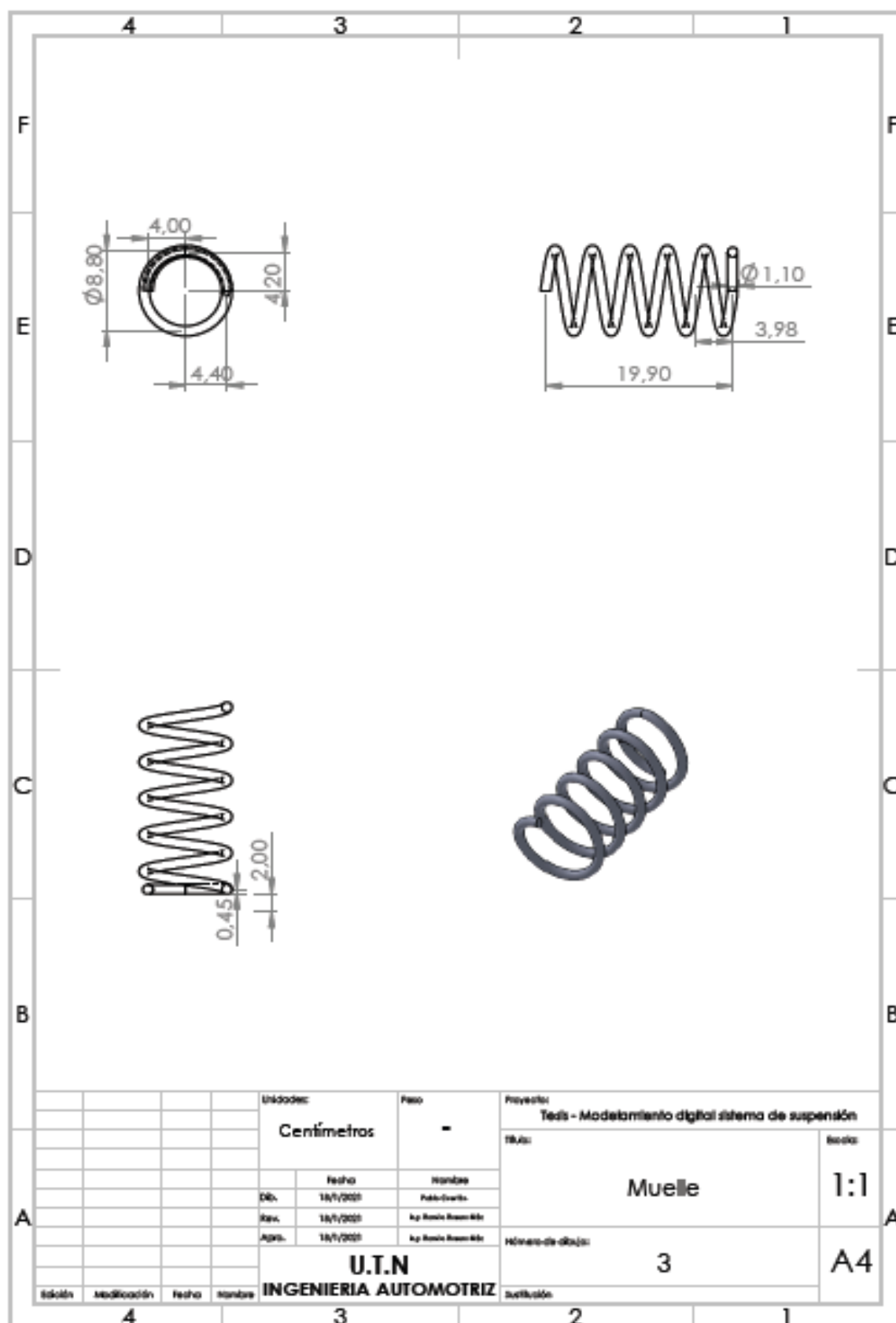
ANEXO II

Plano estructural amortiguador suspensión McPherson



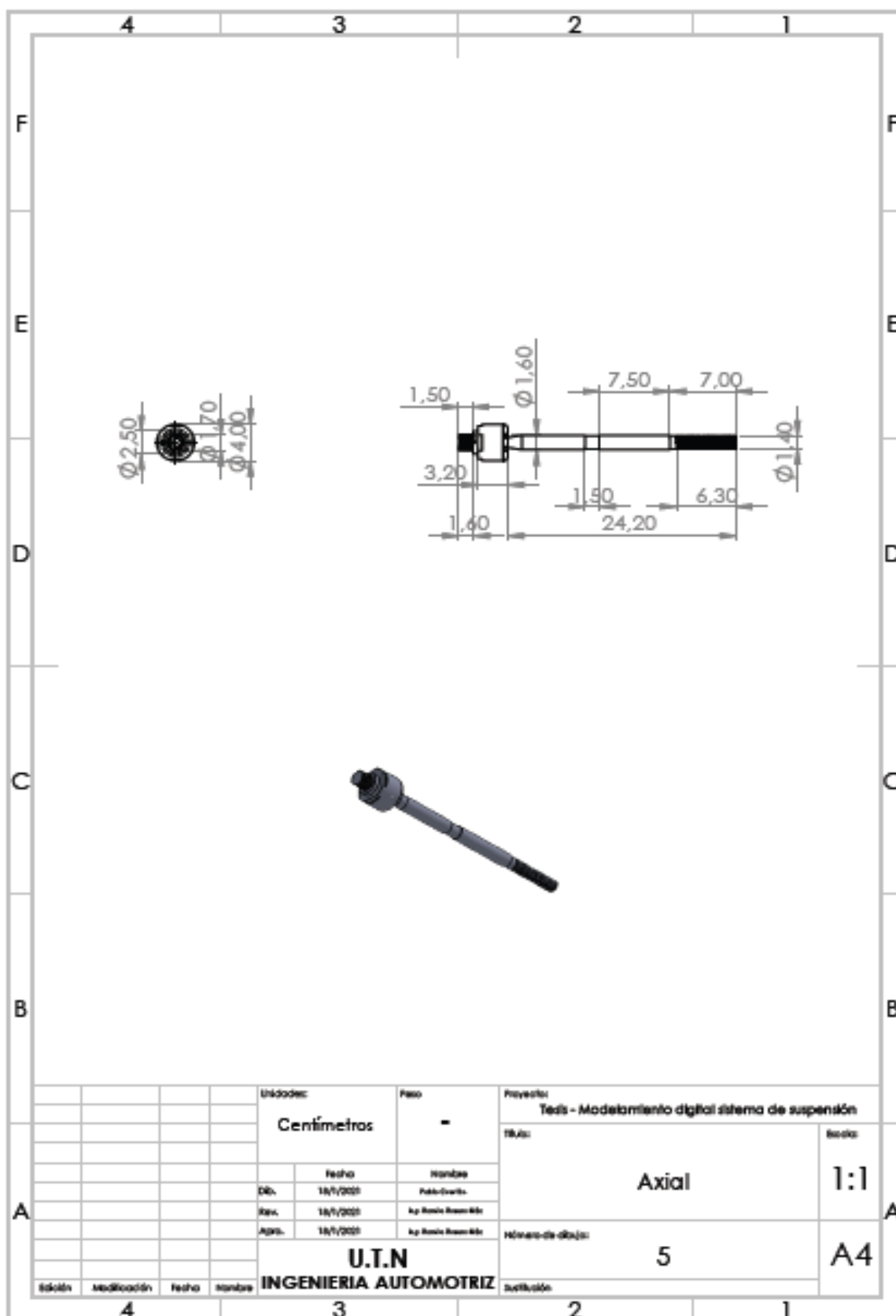
ANEXO III

Plano estructural muelle suspensión McPherson



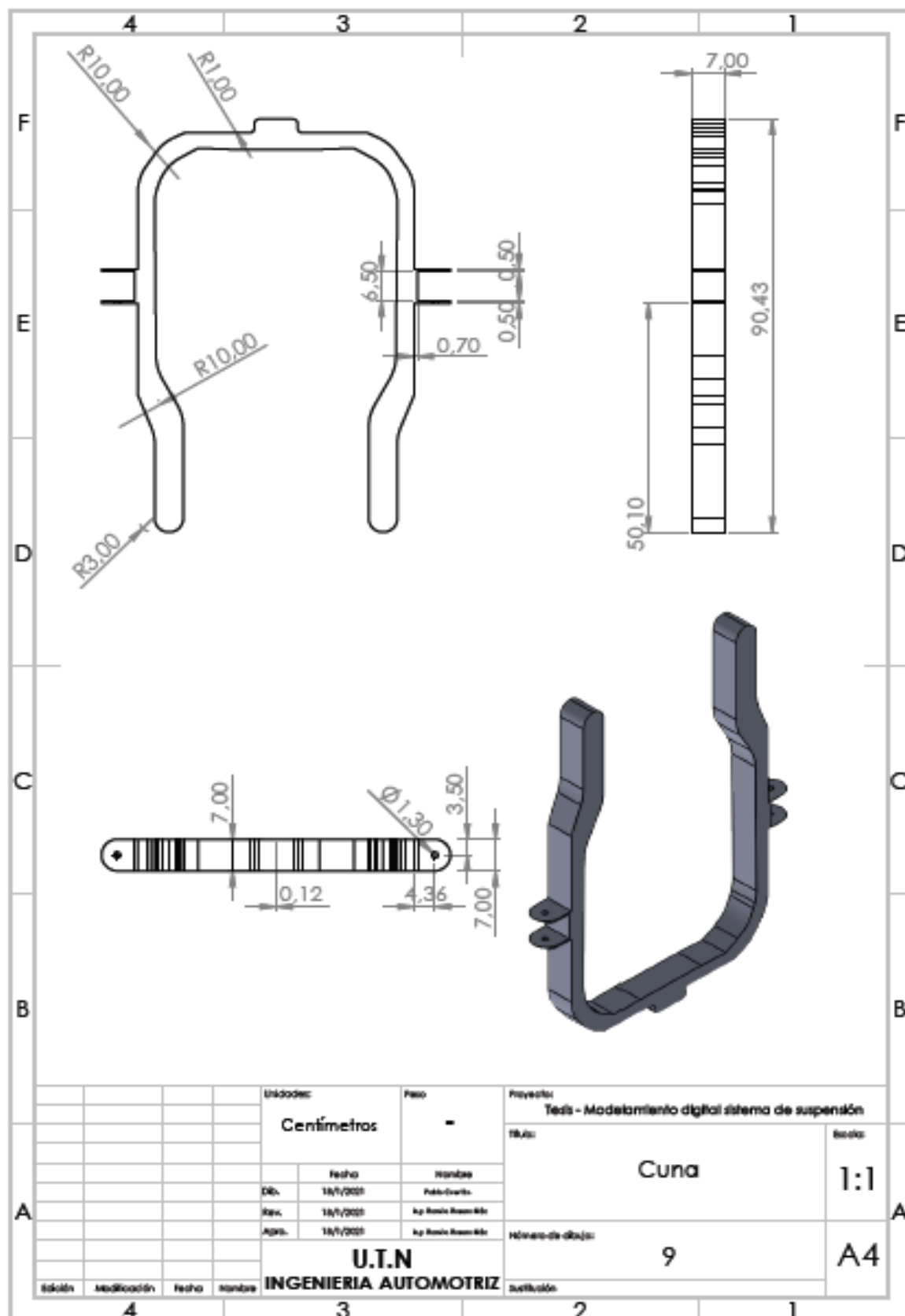
ANEXO V

Plano estructural axial suspensión McPherson



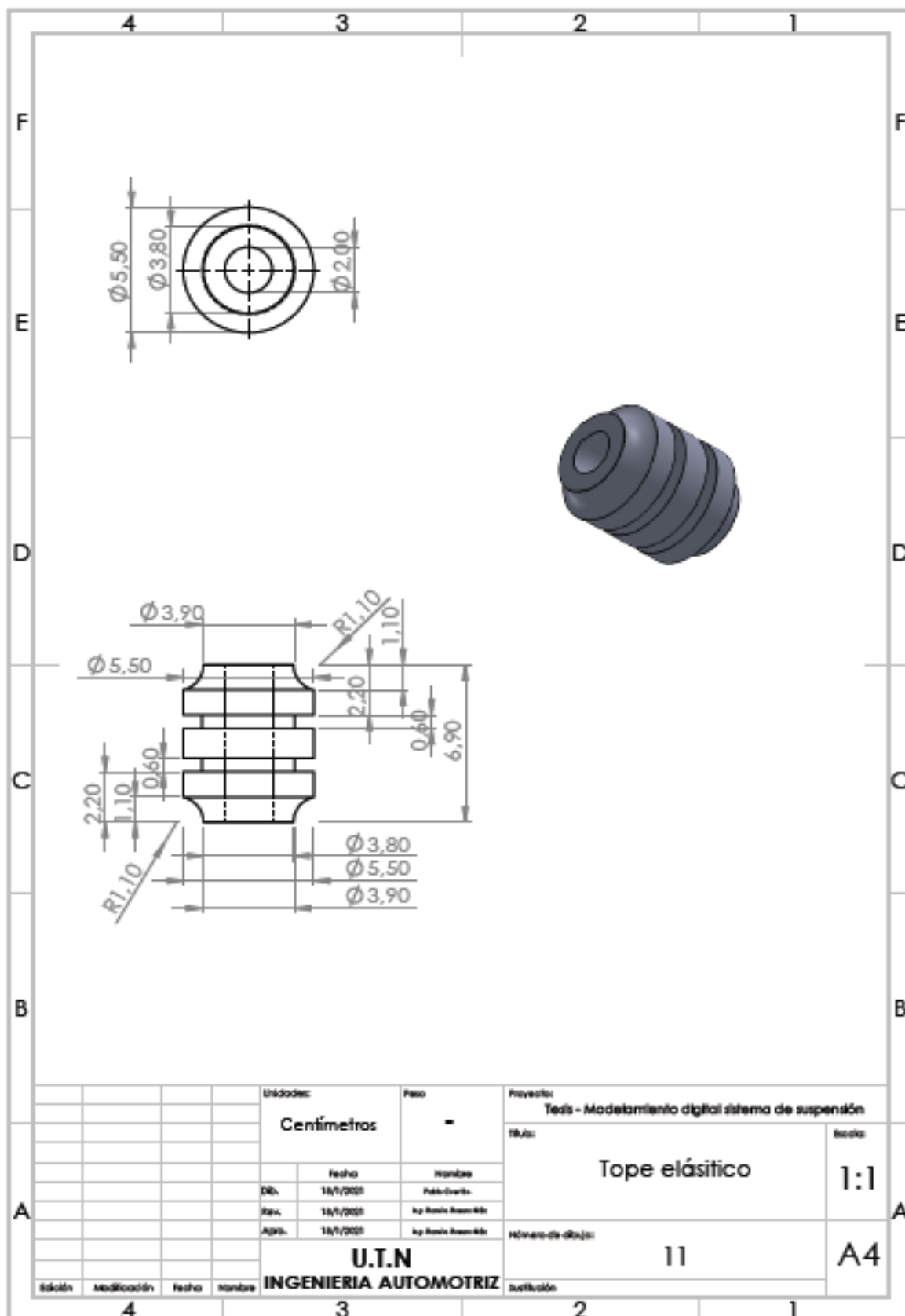
ANEXO IX

Plano estructural cuna suspensión McPherson



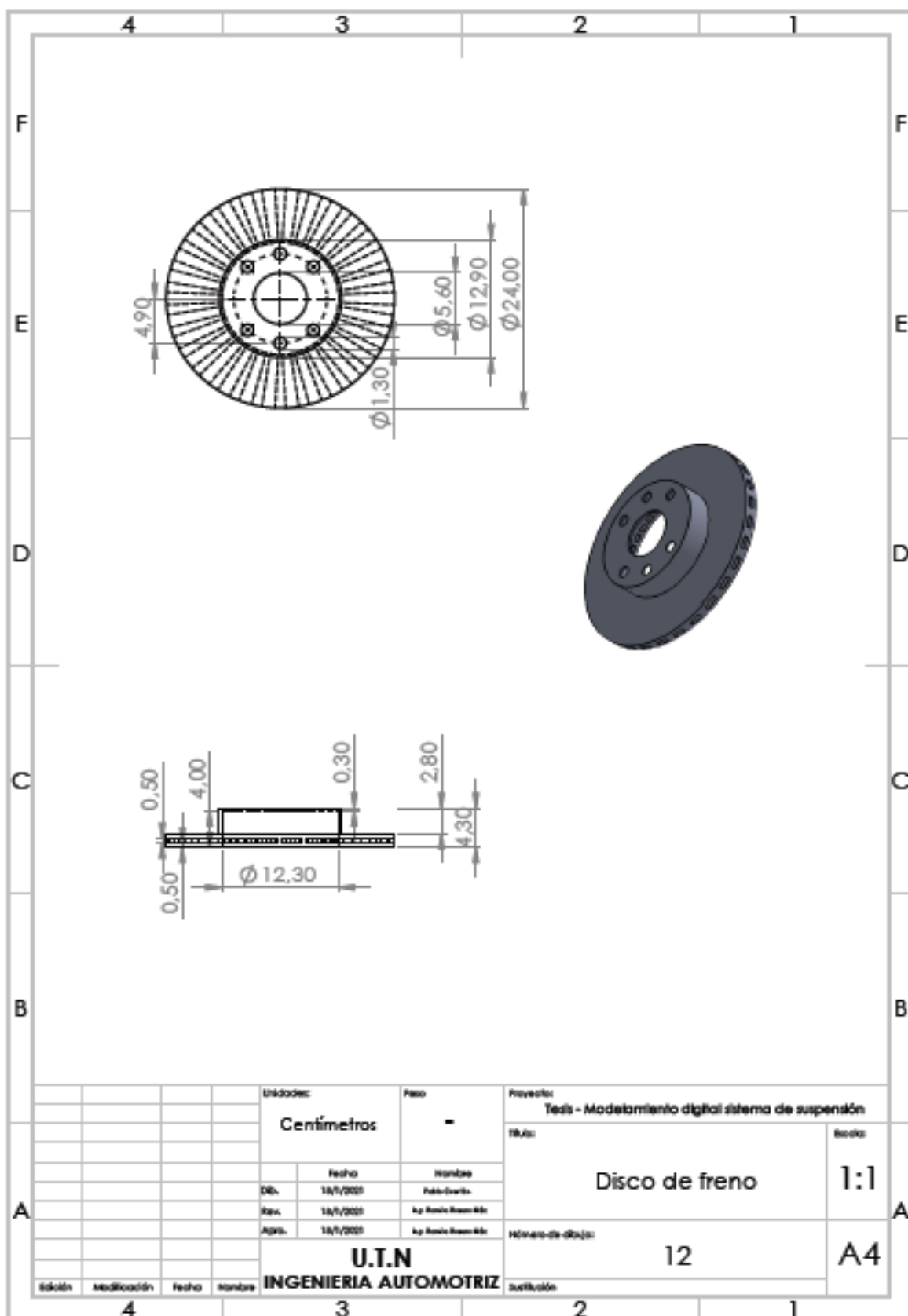
ANEXO XI

Plano estructural tope elástico suspensión McPherson



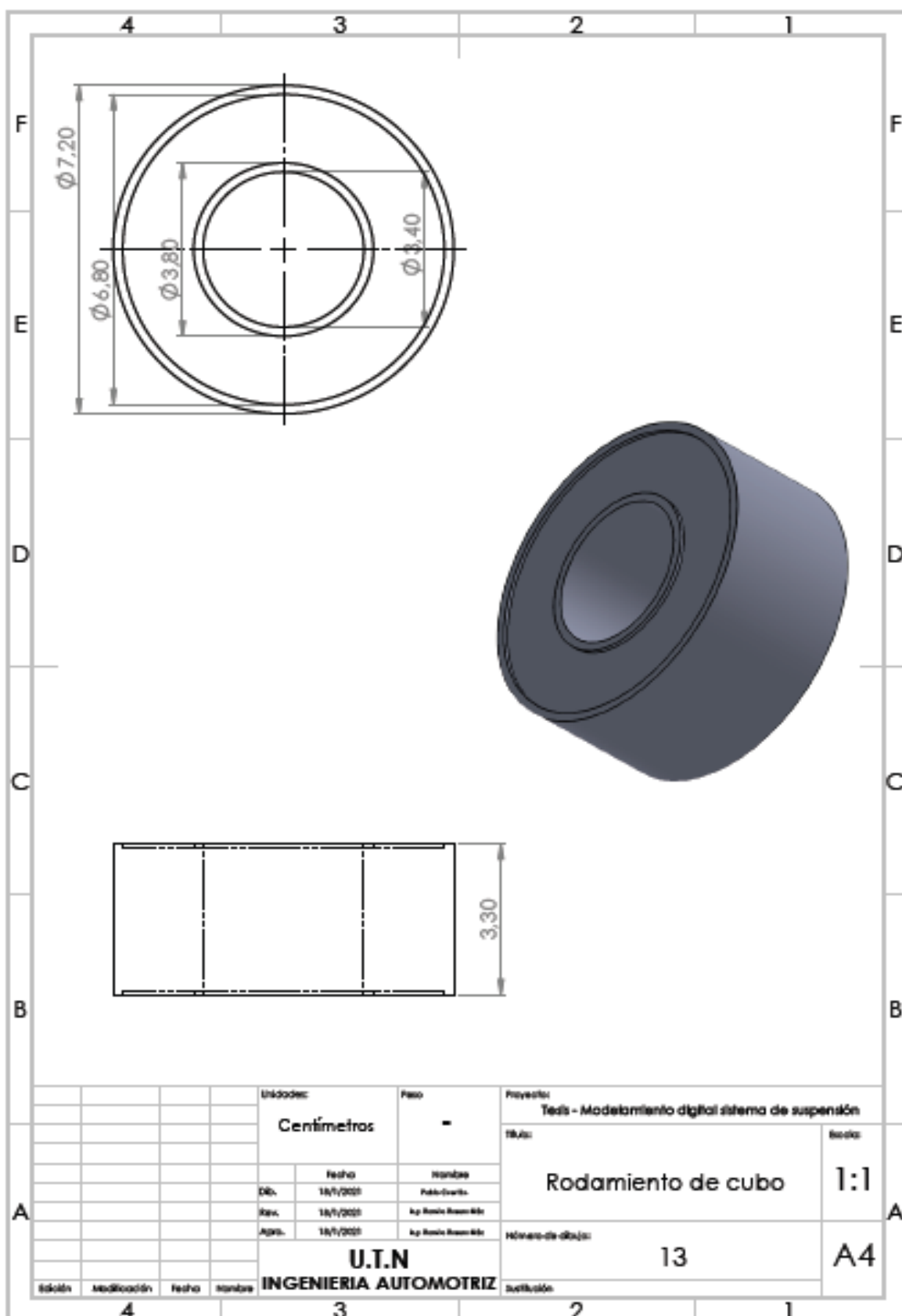
ANEXO XII

Plano estructural disco de freno



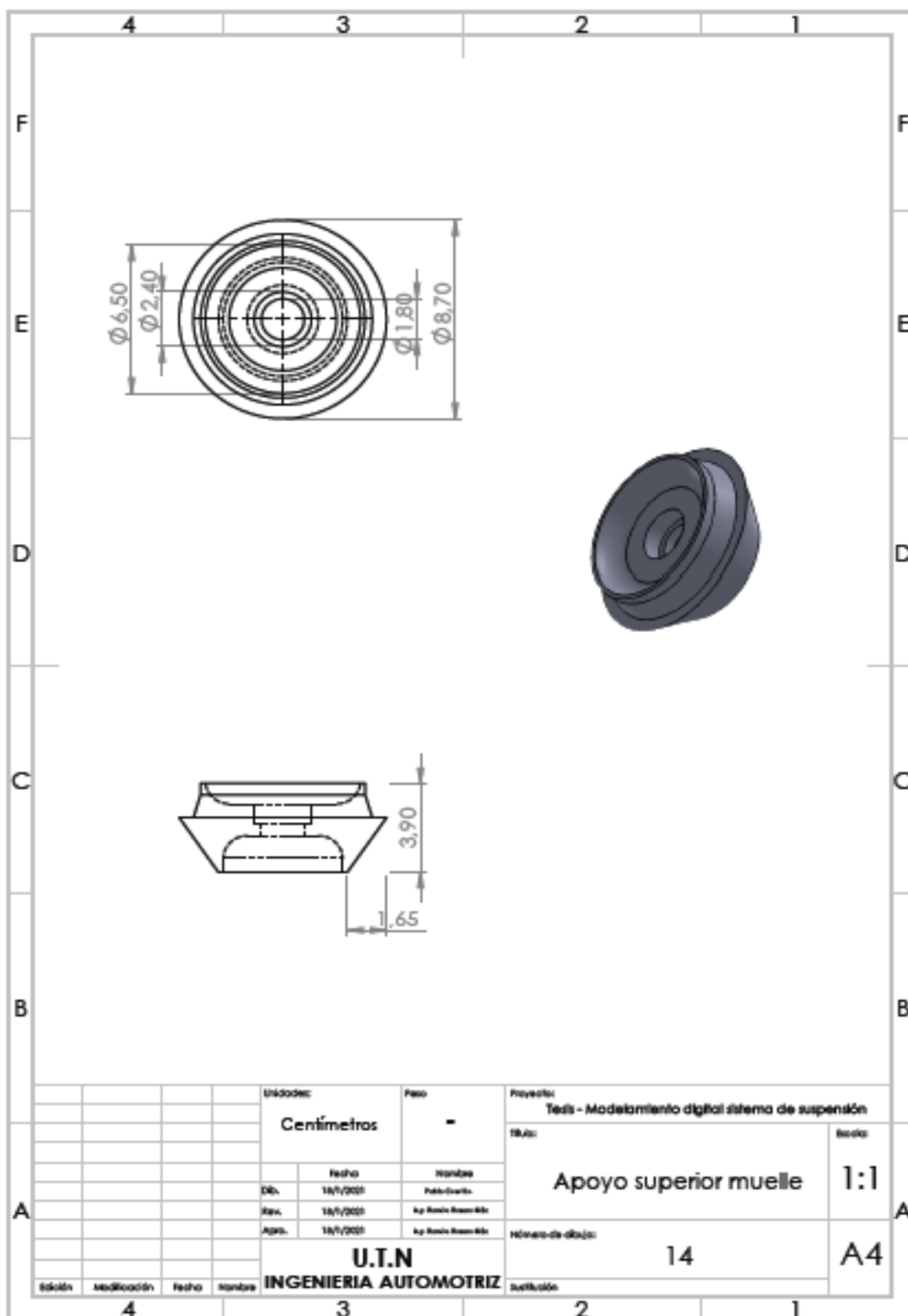
ANEXO XIII

Plano estructural rodamiento de cubo



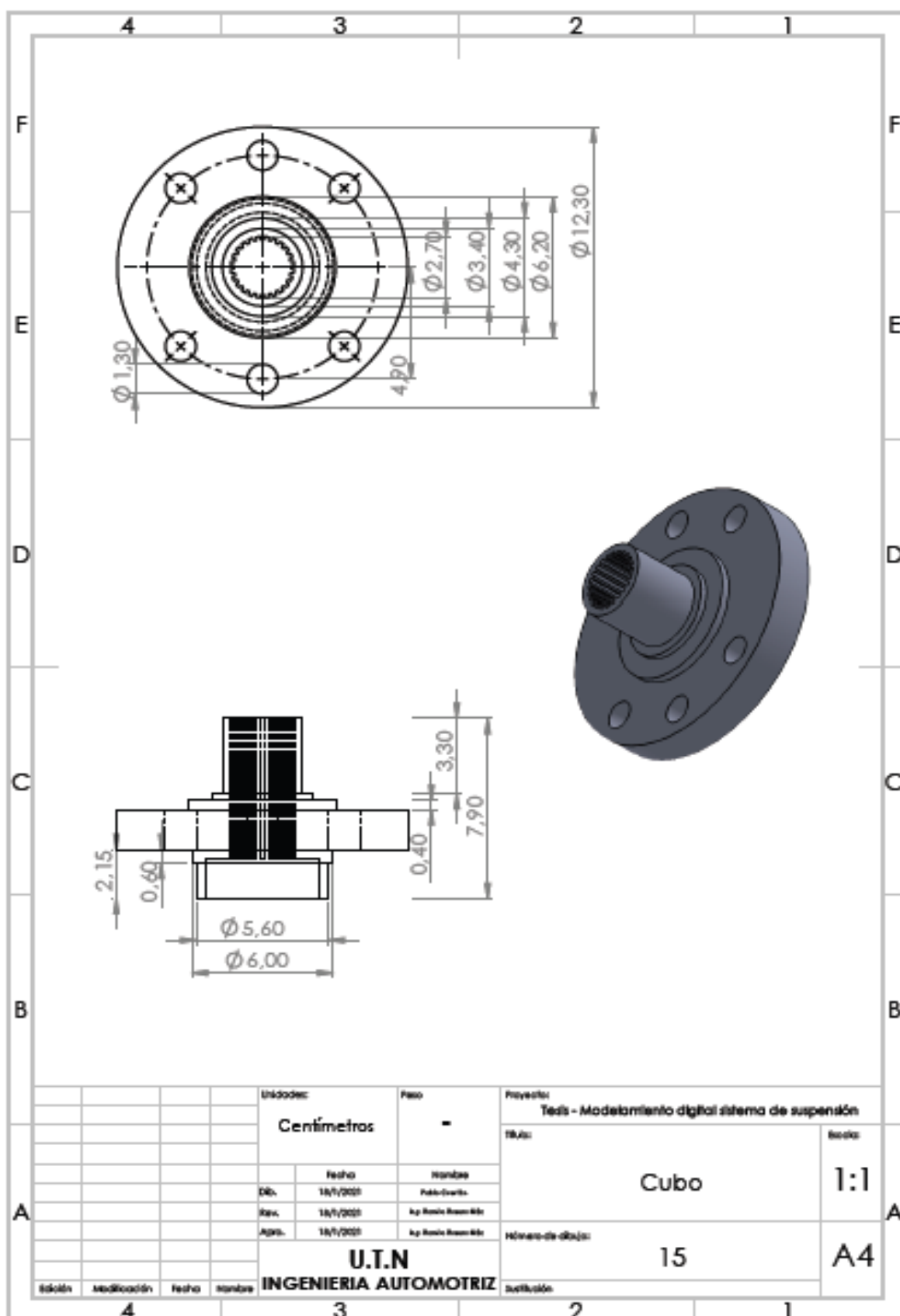
ANEXO XIV

Plano estructural apoyo superior muelle



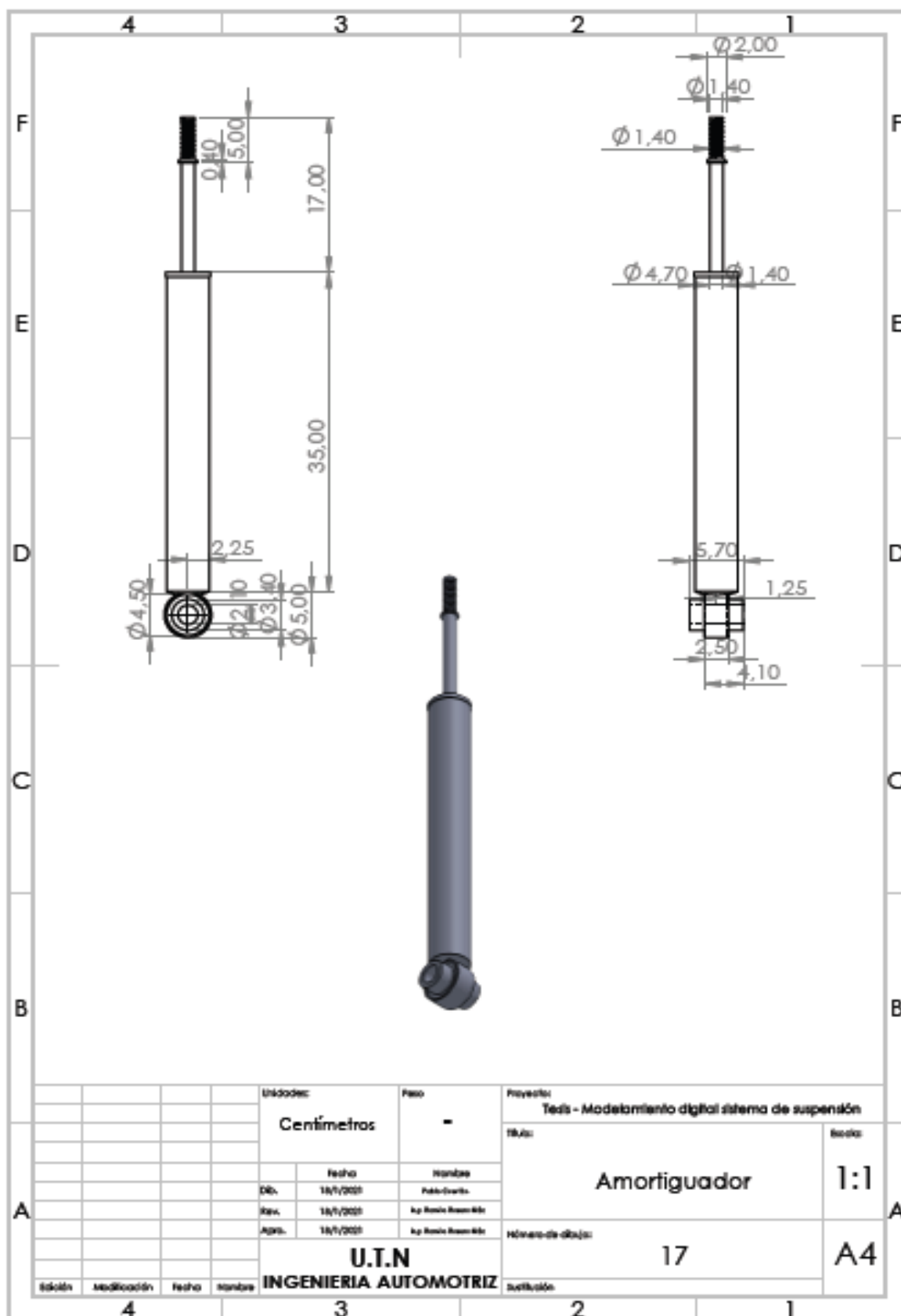
ANEXO XV

Plano estructural cubo



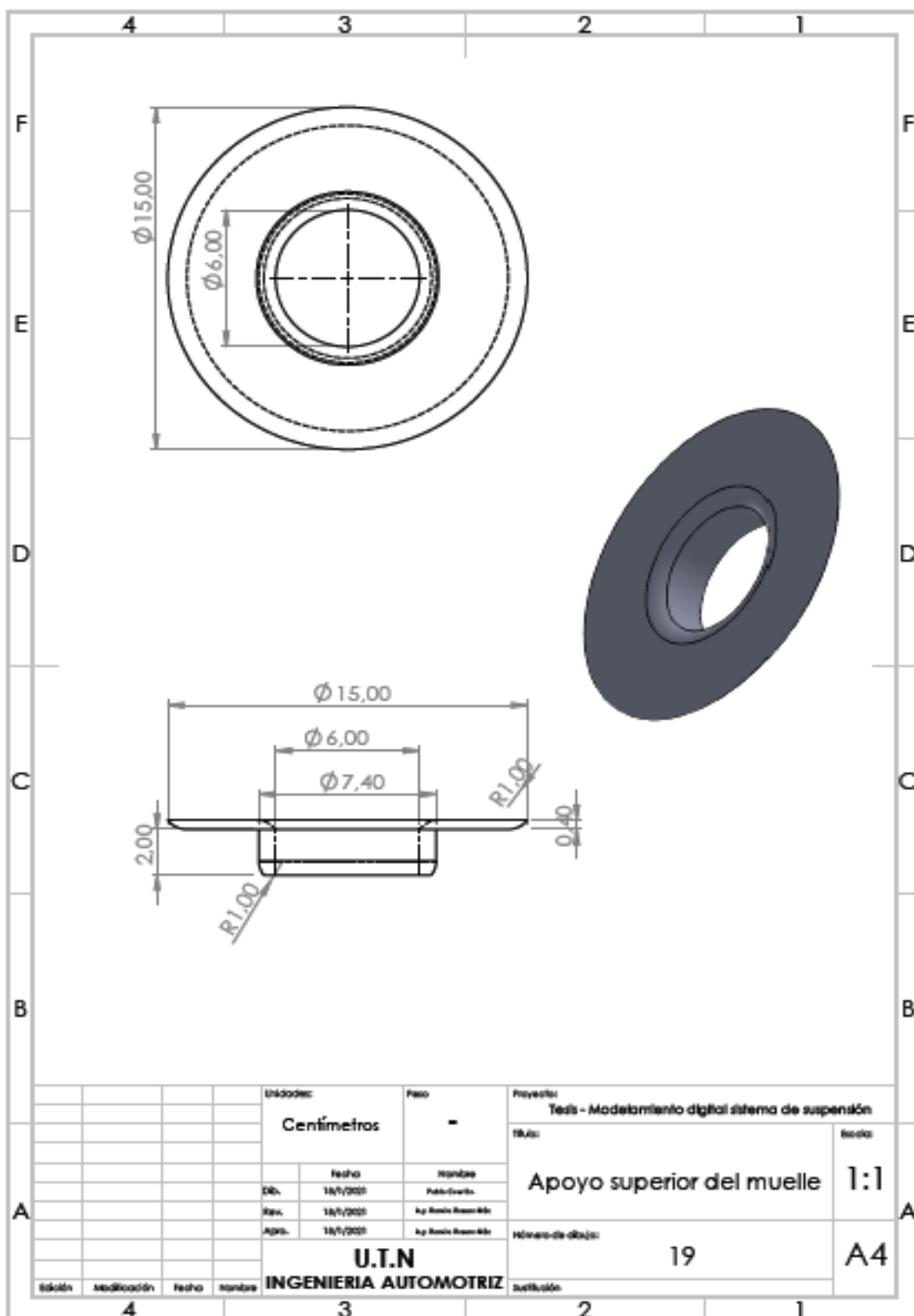
ANEXO XVII

Plano estructural amortiguador suspensión eje de torsión



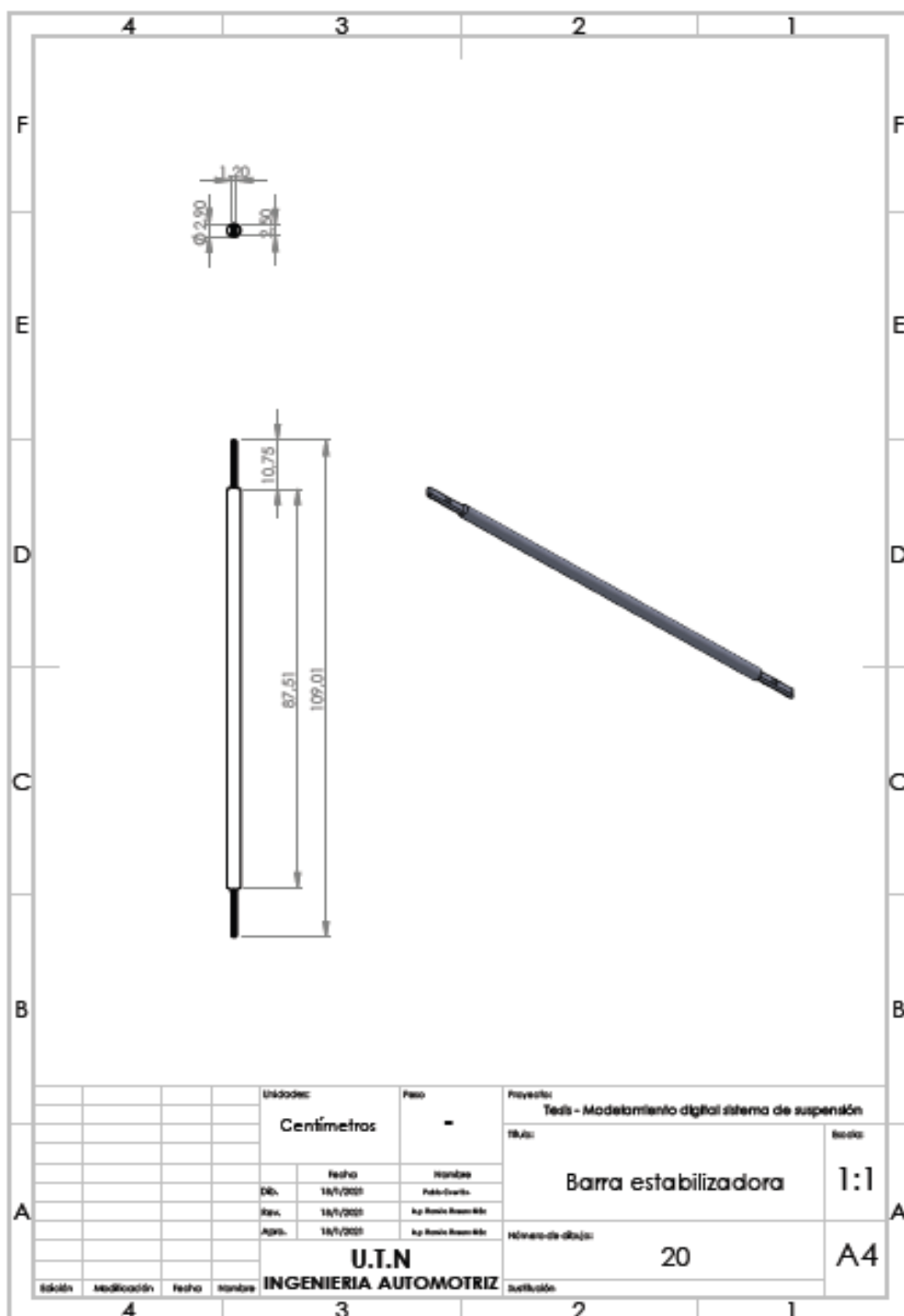
ANEXO XIX

Plano estructural apoyo superior del muelle suspensión eje de torsión



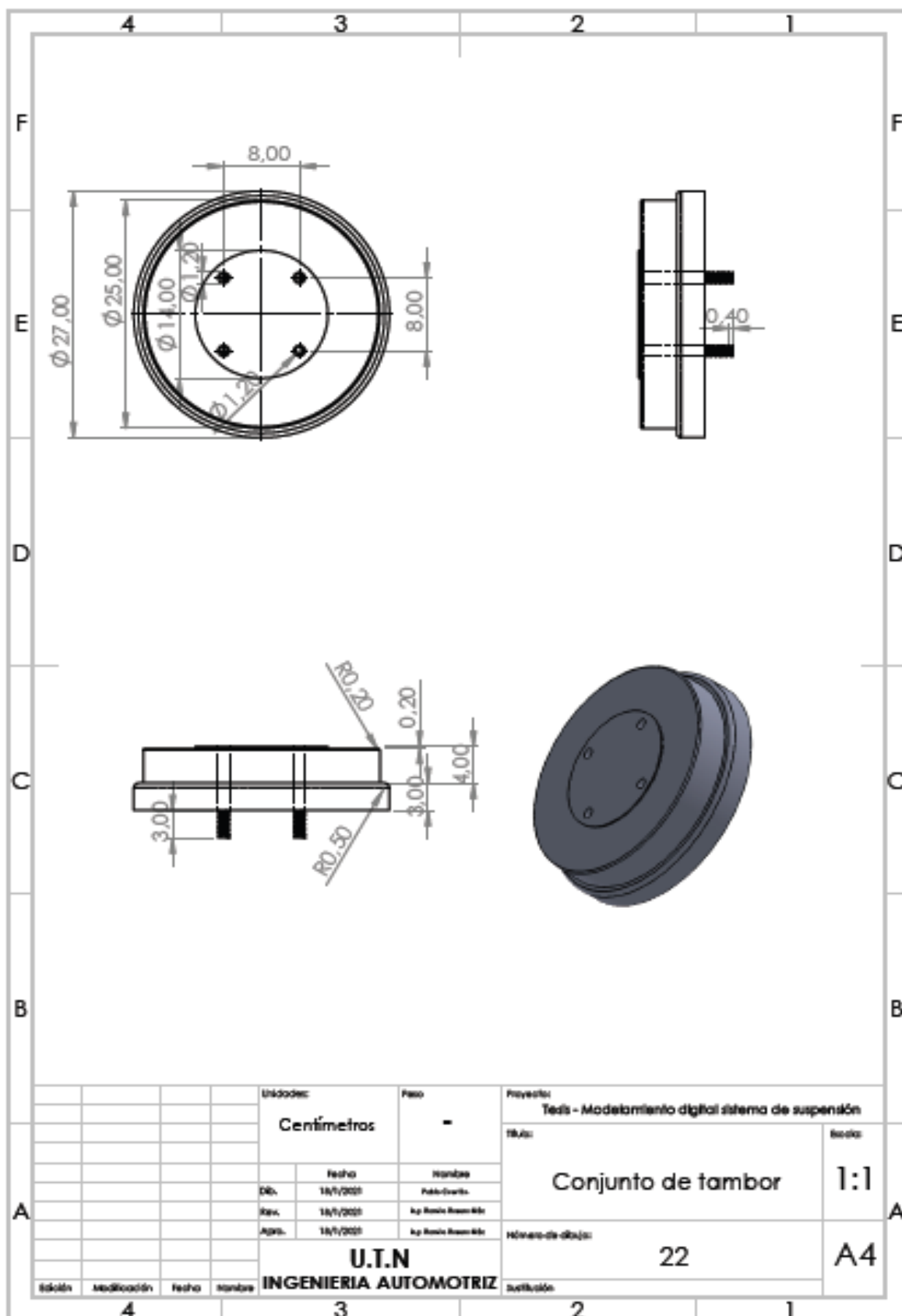
ANEXO XX

Plano estructural barra estabilizadora suspensión eje de torsión

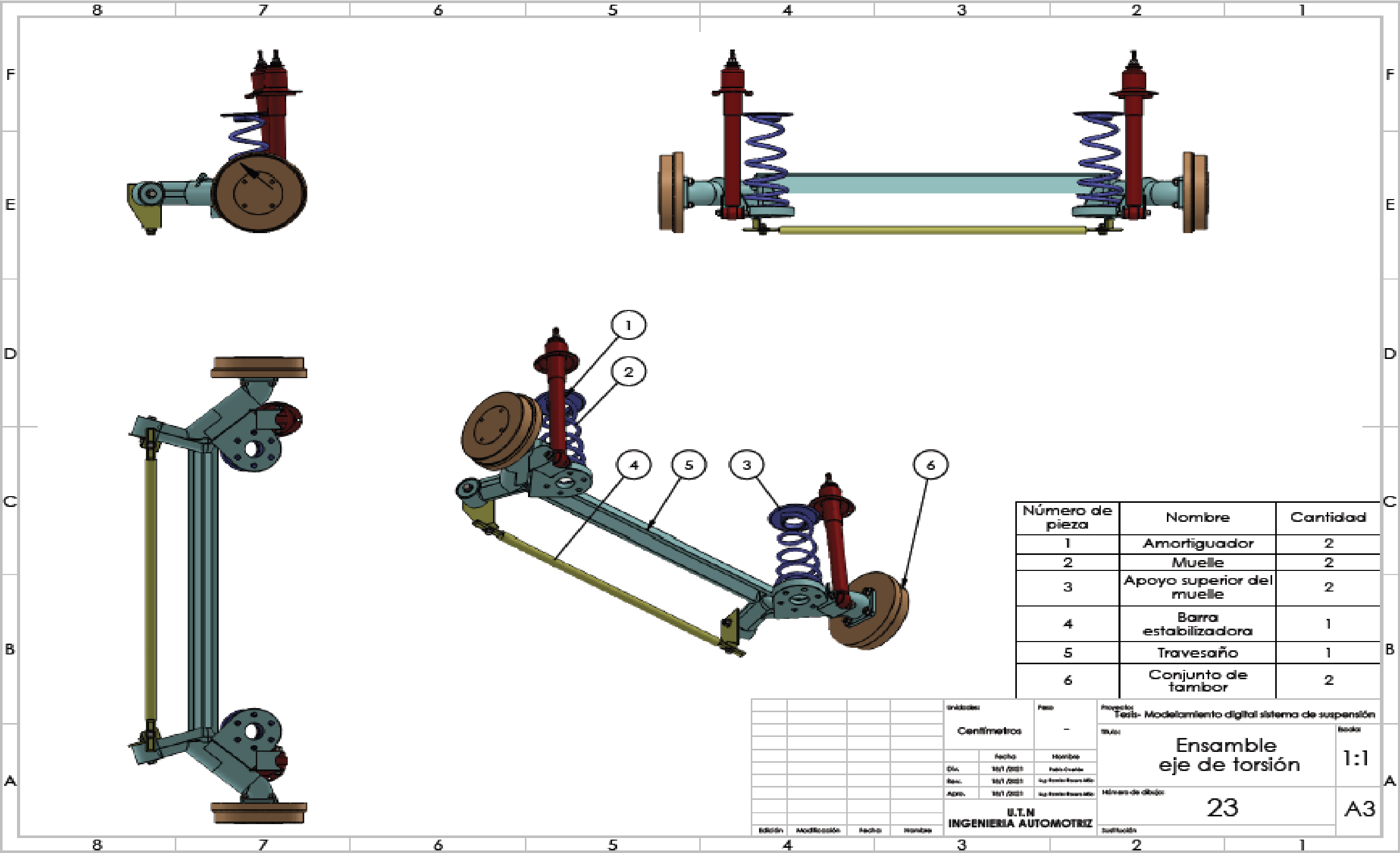


ANEXO XXII

Plano estructural conjunto de tambor

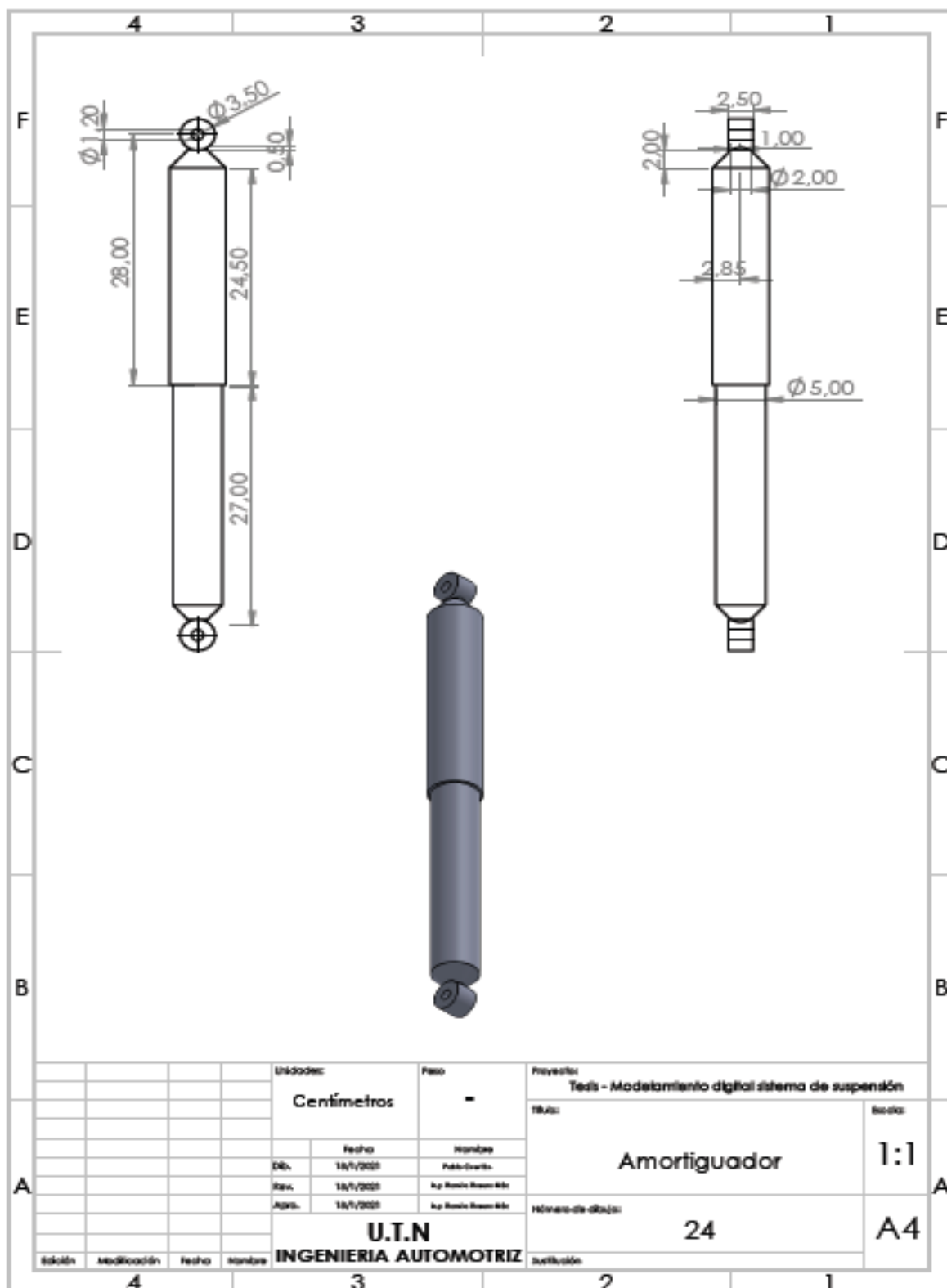


ANEXO XXIII
Ensamble eje de torsión



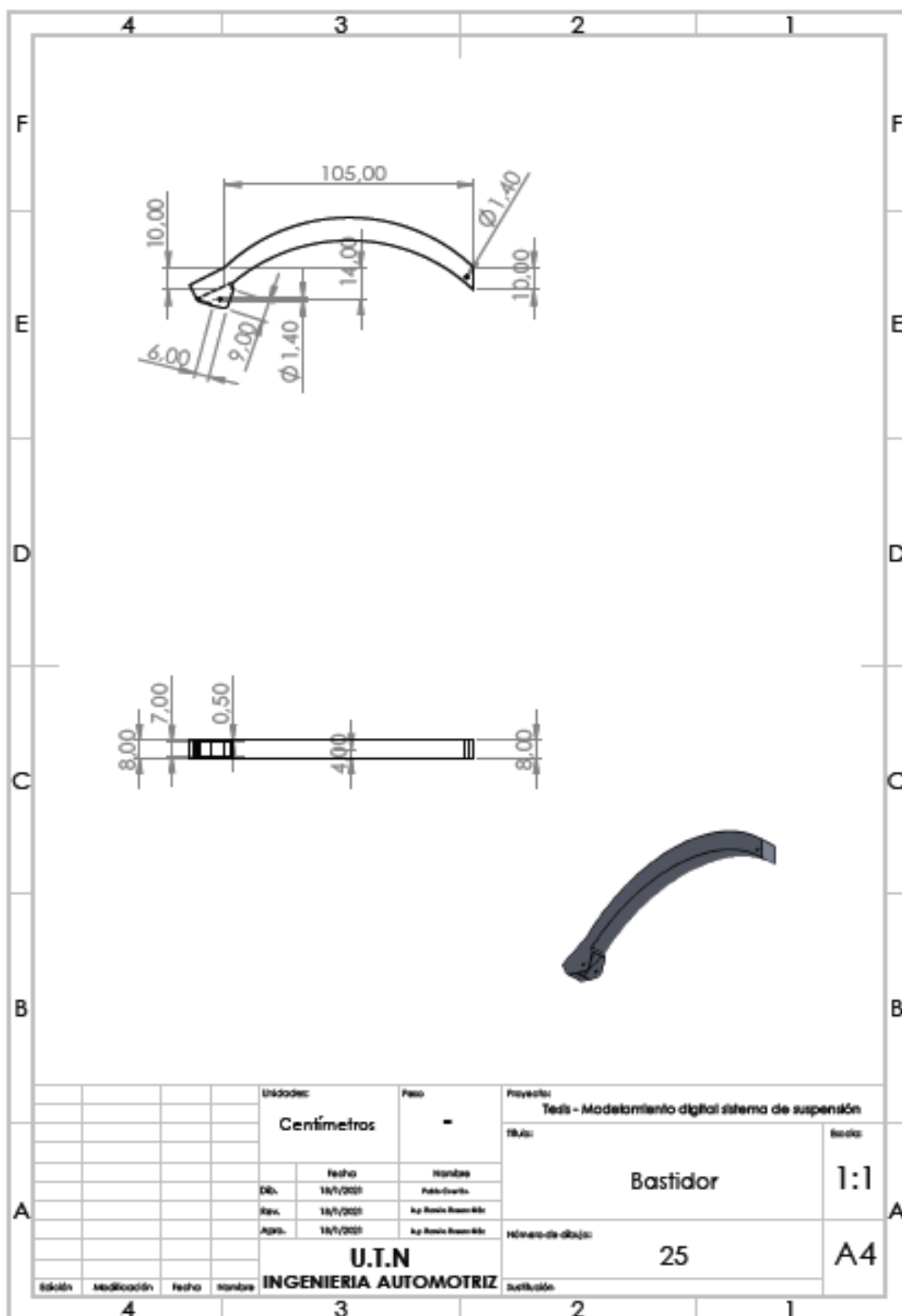
ANEXO XXIV

Plano estructural amortiguador sistema de suspensión con ballestas



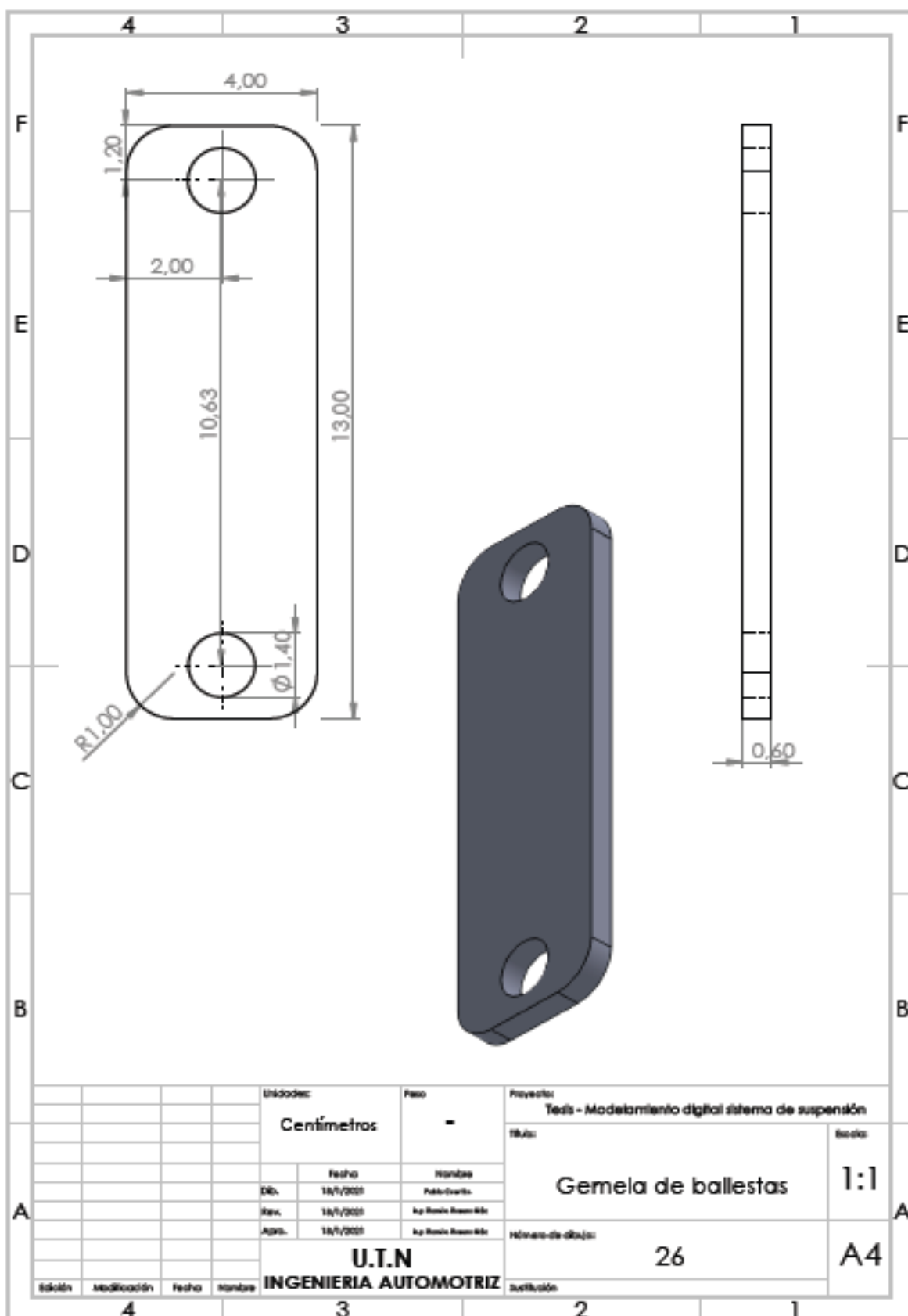
ANEXO XXV

Plano estructural bastidor sistema de suspensión con ballestas



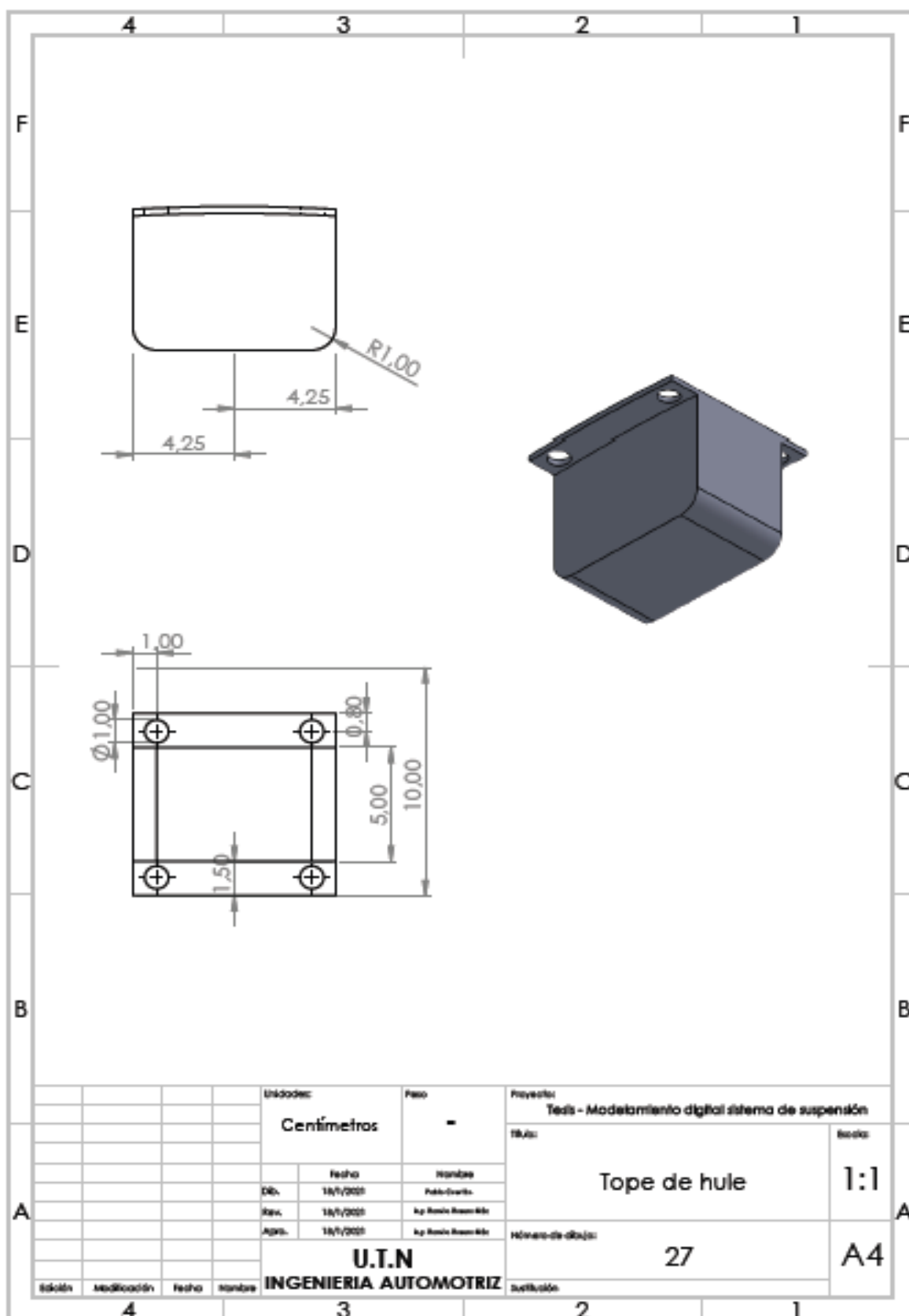
ANEXO XXVI

Plano estructural gemela de ballesta sistema de suspensión con ballestas



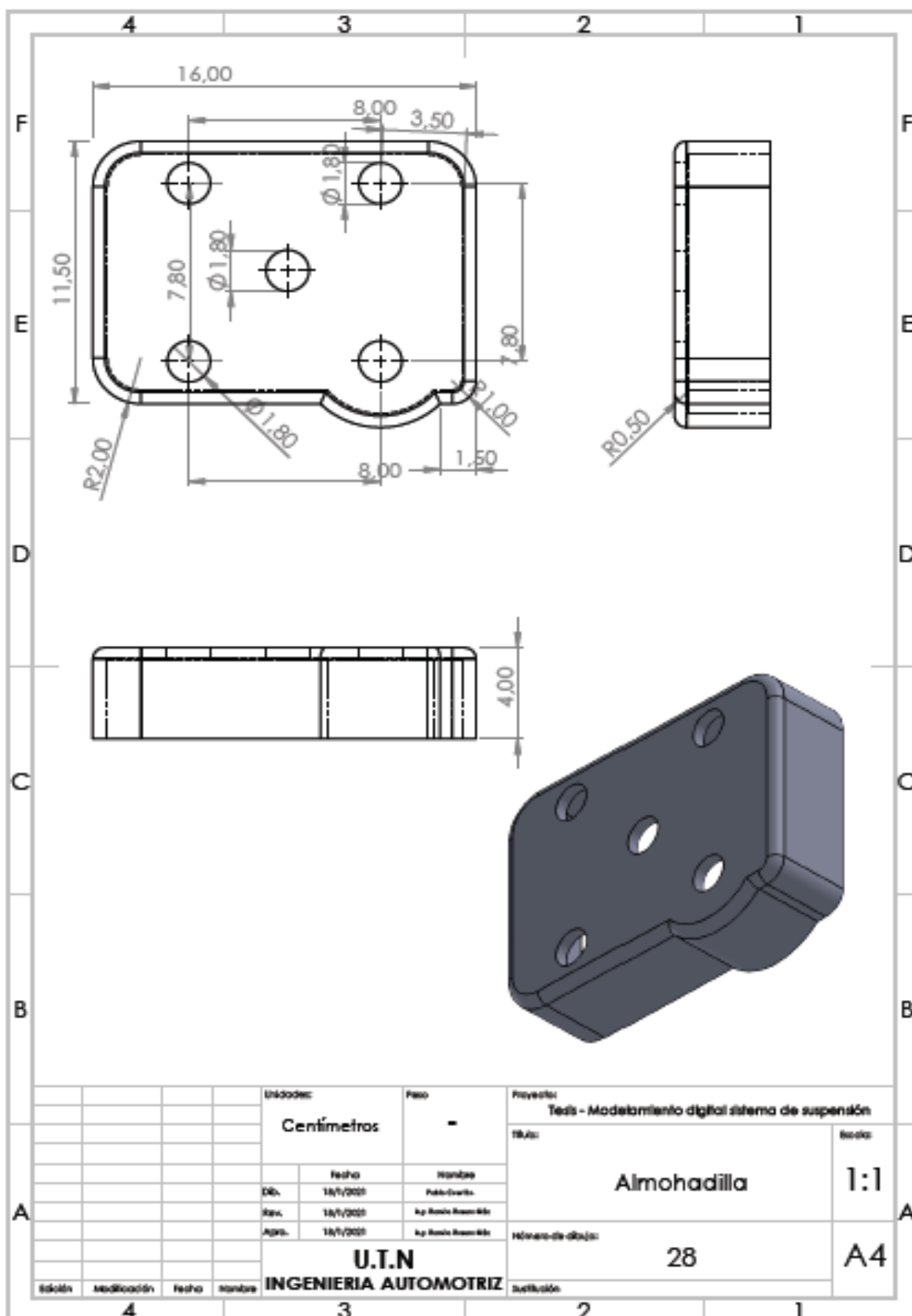
ANEXO XXVII

Plano estructural tope de hule sistema de suspensión con ballestas



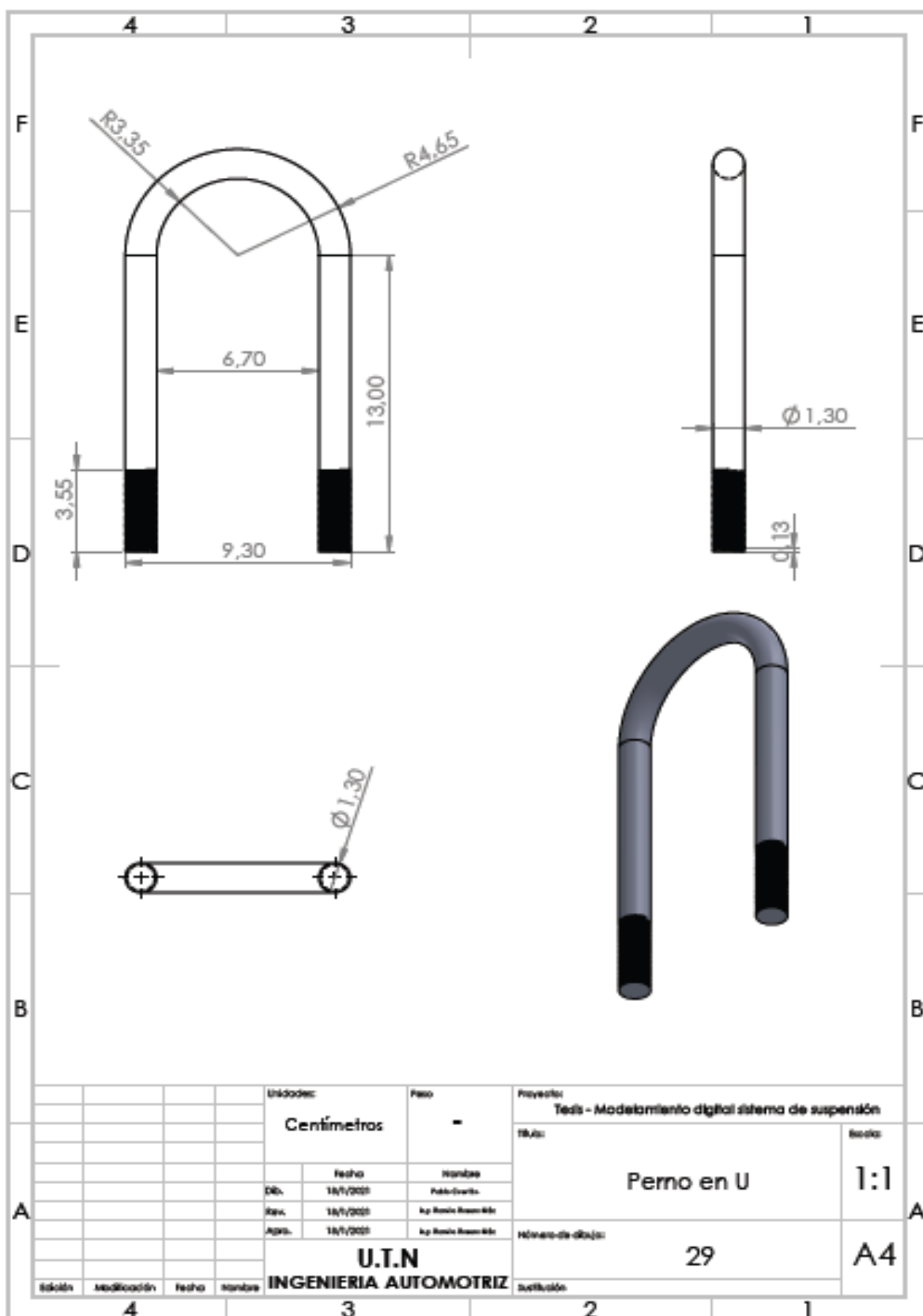
ANEXO XXVIII

Plano estructural almohadilla sistema de suspensión con ballestas



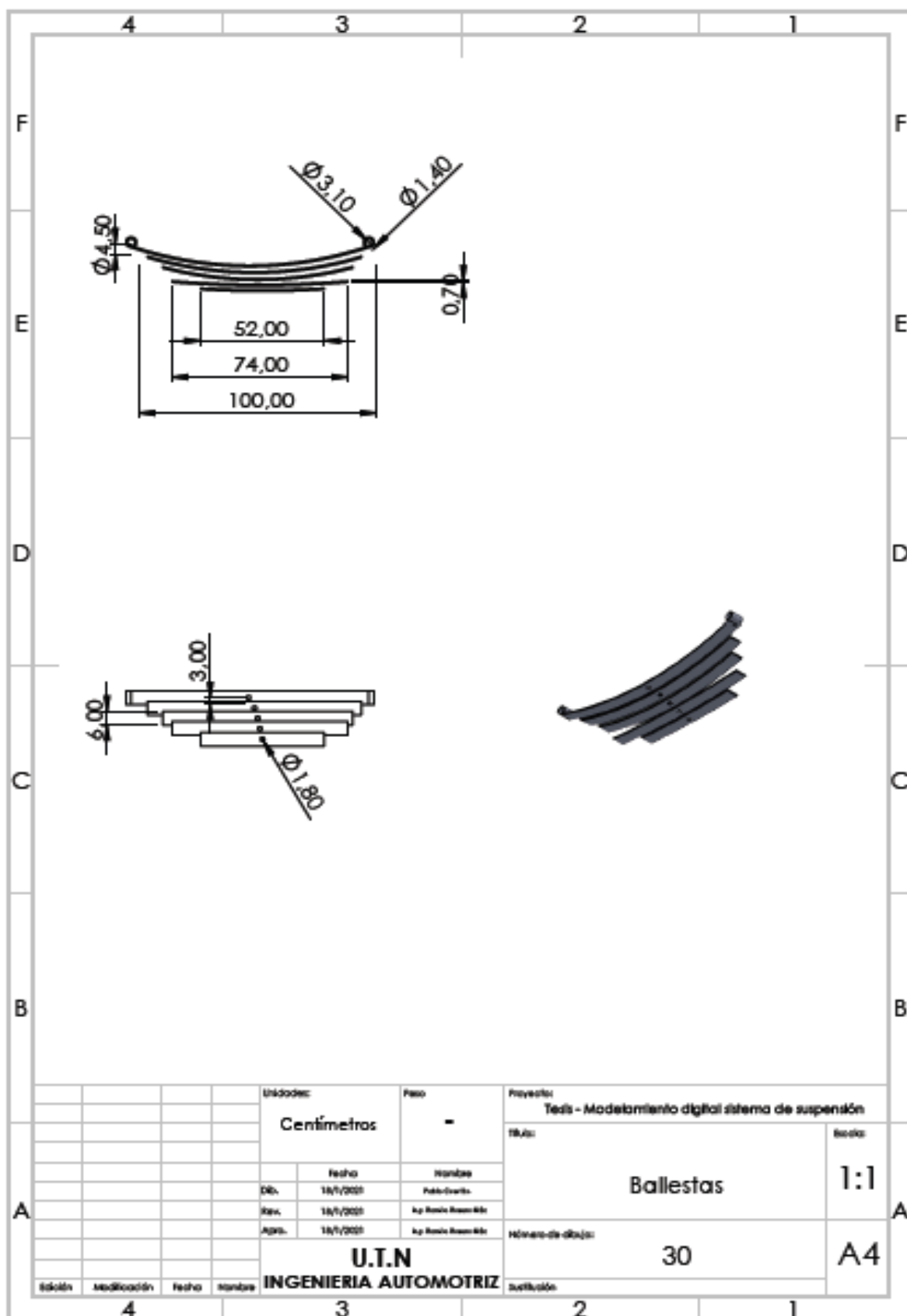
ANEXO XXIX

Plano estructural perno en U sistema de suspensión con ballestas



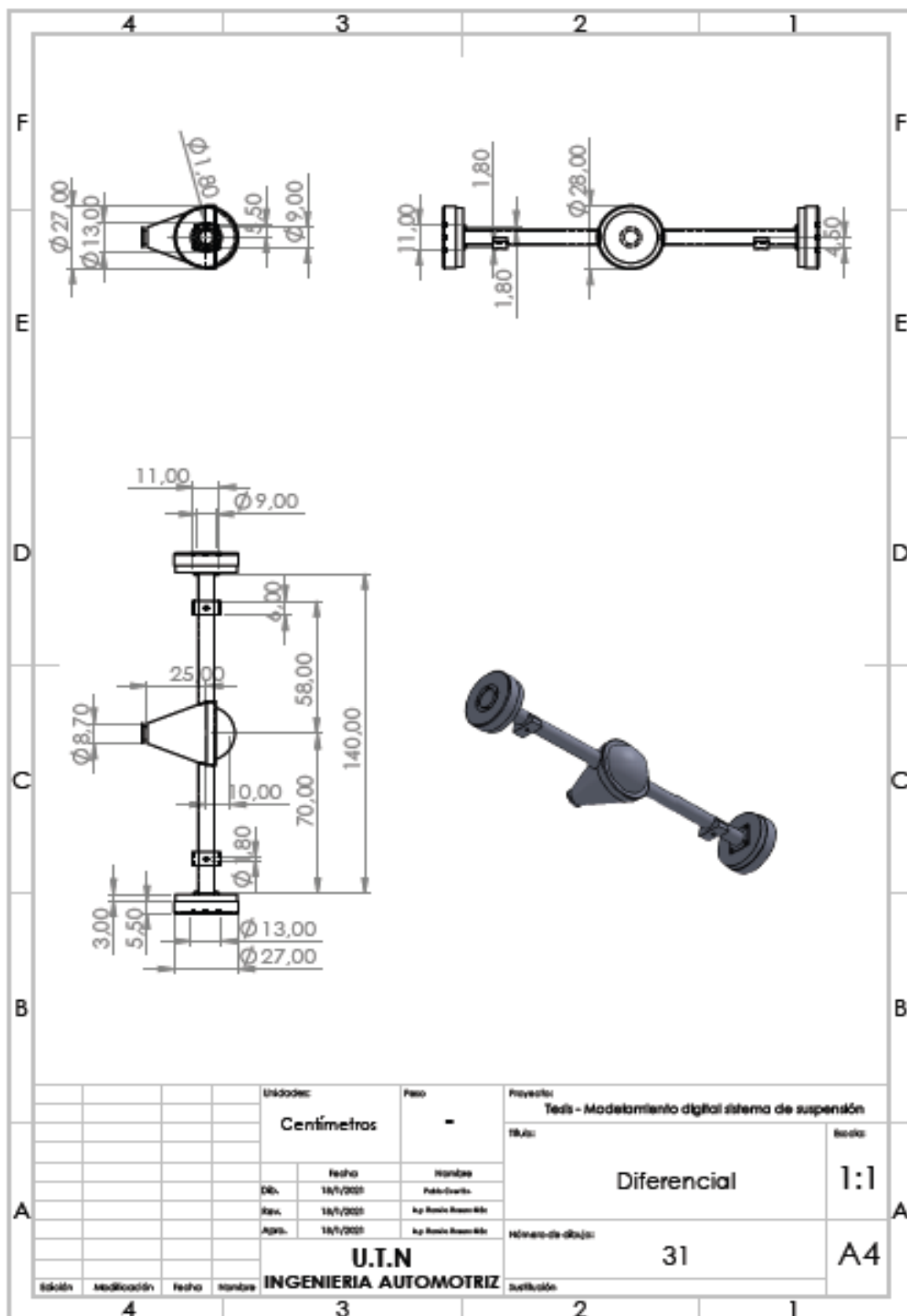
ANEXO XXX

Plano estructural ballestas sistema de suspensión con ballestas



ANEXO XXXI

Plano estructural diferencial sistema de suspensión con ballestas



ANEXO XXXIII

Manual de usuario

CONTENIDO

- 1.- Introducción**
- 2.- Escanear**
- 3.- Información sistema de suspensión**
- 4.- Geometría de la suspensión**
- 5.- Información de la app**
- 6.- Manual de Usuario**
- 7.- Consideraciones finales**

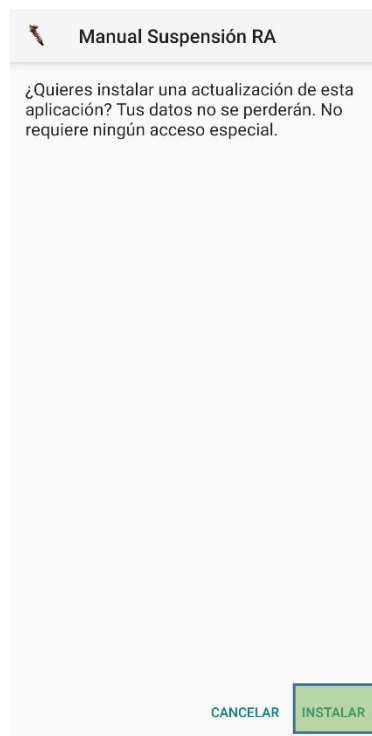
1 Introducción

Esta aplicación se diseñó empleando software SolidWorks, el motor gráfico Unity y la librería de Vuforia. El manual tiene la funcionalidad de escanear objetos y presentarlos mediante realidad aumentada combinando los objetos virtuales y reales del entorno en los que se encuentre el usuario. Tiene como objetivo agilizar el aprendizaje y optimización de recursos en el campo del mantenimiento automotriz, el aplicativo está enfocado en los sistemas de suspensión McPherson, eje de torsión y ballestas, de los vehículos en especial Chevrolet Aveo Emotion, Toyota Prius y camioneta Volkswagen Amarok, los cuales fueron integrados en la base de datos del software Unity. Además, fue diseñada para dispositivos móviles con sistema operativo Android, contiene una interfaz amigable destinada a los sistemas de suspensión. A continuación, se menciona los requerimientos mínimos de hardware que debe tener un dispositivo móvil para realizar la instalación.

Los requisitos son: Teléfonos inteligentes compatibles con realidad aumentada que integren sistema operativo Android: 7.0 en adelante.

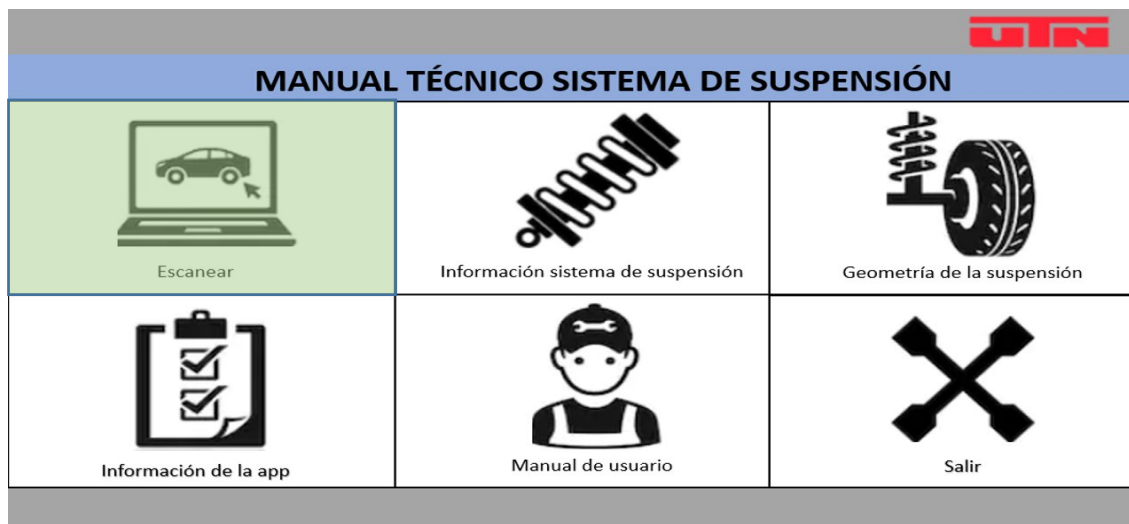
- Memoria RAM: 1 GB mínimo.
- Almacenamiento: 500 MB mínimo de espacio disponible.
- Cámara: 13 MP mínimo.

Para el proceso de instalación se debe tener el archivo de esta aplicación, después se procede a instalar siguiendo los pasos correspondientes según se muestra en la interfaz, en la siguiente figura se puede observar la opción que se tiene que seleccionar, una vez realizado este paso, ya solo queda hacer uso del aplicativo.

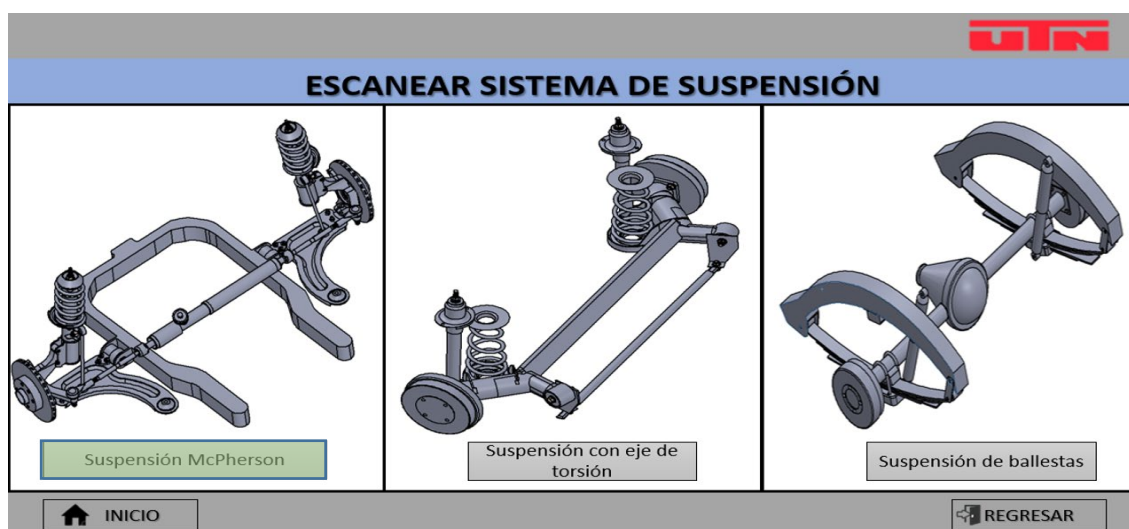


2 Escanear

En este icono se visualiza los sistemas de suspensión McPherson, eje rígido y ballestas mediante un sistema de realidad aumentada.

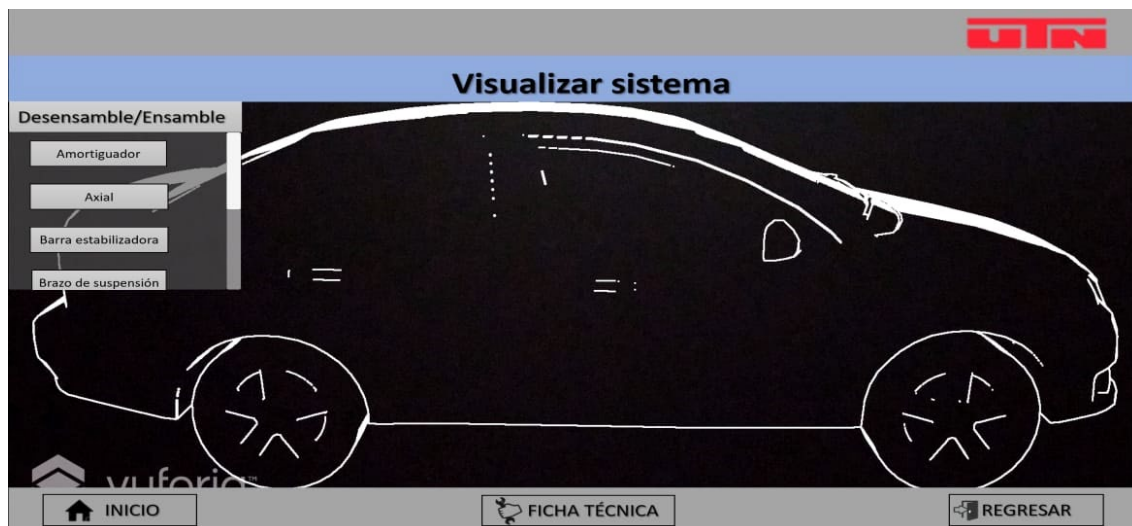


Para poder ingresar al sistema de realidad aumentada se debe seleccionar un sistema de suspensión.



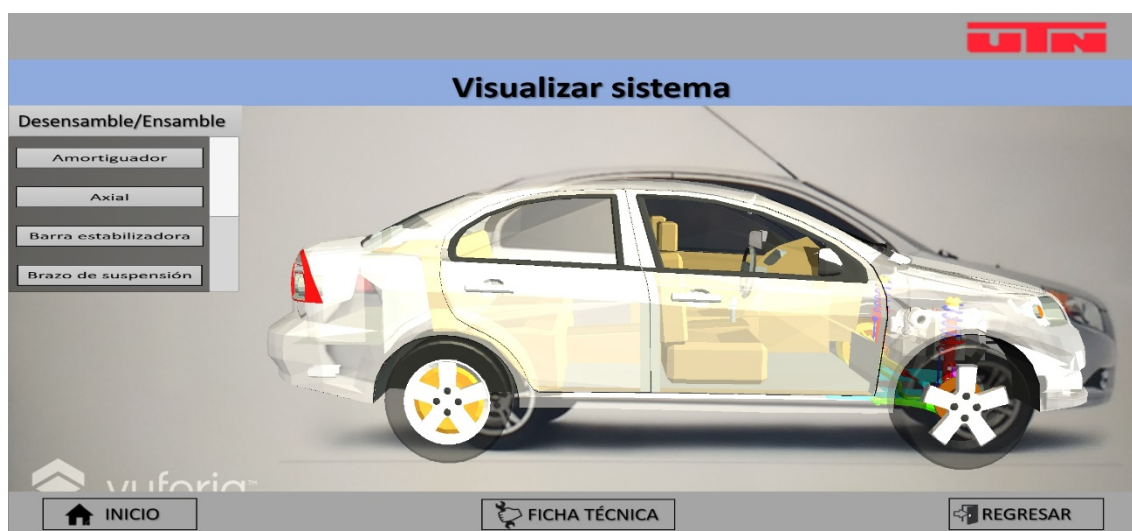
2.1 Suspensión McPherson

Al presionar el botón “Suspensión McPherson” se presenta la siguiente ventana.



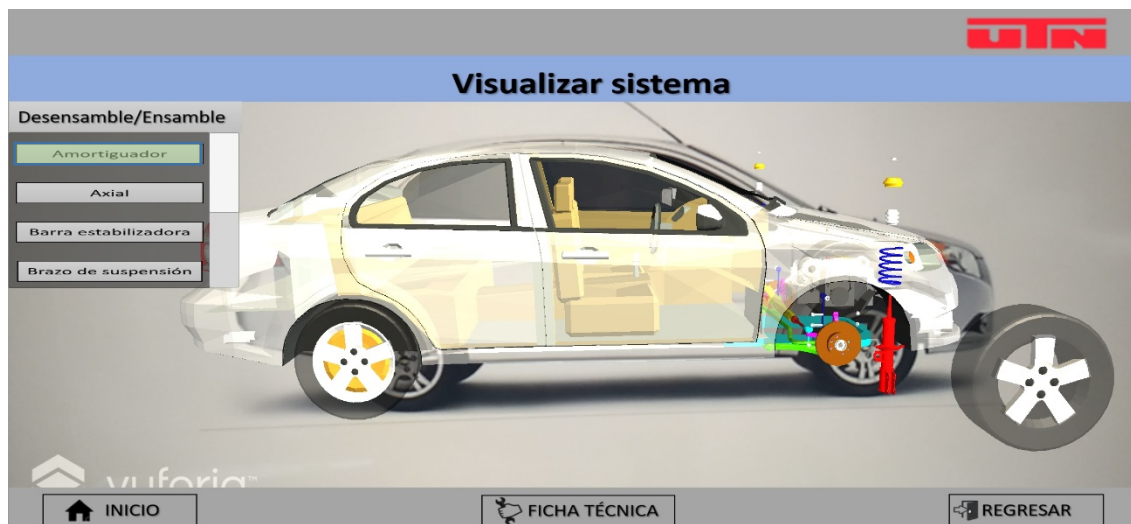
2.1.1 Visualizar sistema

Para proceder a visualizar este sistema de suspensión se debe hacer coincidir la silueta que se encuentra en la pantalla con el vehículo Chevrolet Aveo Emotion, hasta que se presente una transposición virtual de este modelo de vehículo sobre el real.



2.1.2 Desensamblar/Ensamblar

En la parte izquierda se muestra un listado de las partes que conforman este sistema, al seleccionar una de ellas, se puede realizar un desensamblar y ensamblar virtual.



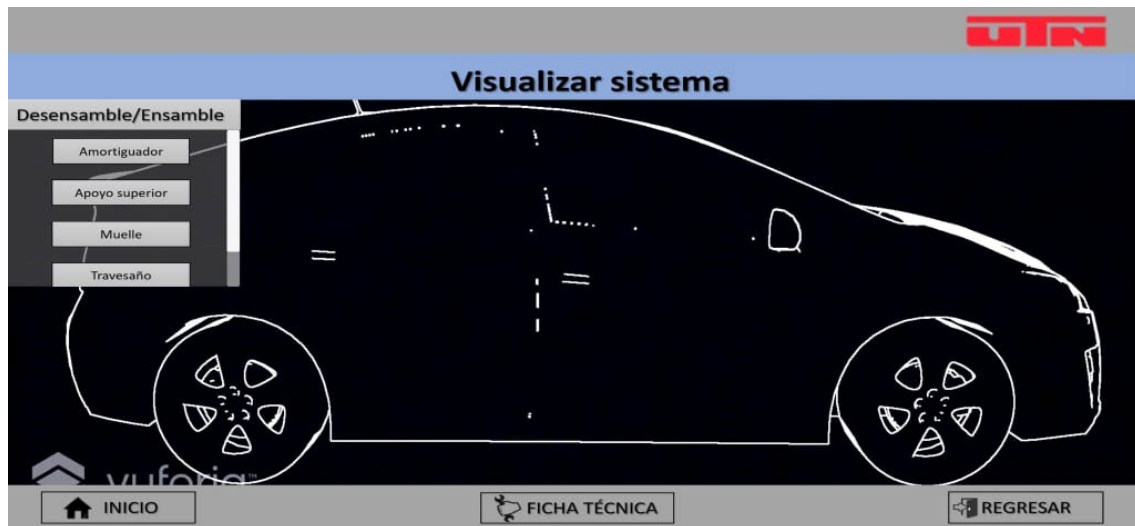
2.1.3 Ficha técnica

Presenta información técnica del vehículo Chevrolet Aveo Emotion Año 2015

Ficha técnica Chevrolet Aveo Emotion	
Alimentación	MPI
Nro de Cilindros	4 (en línea)
Nro de válvulas	16
Relación de compresión	9.5:1
Sistema de encendido	Electrónico
Dirección	Hidráulica
Potencia (HP)	103
Suspensión amortiguadores	Hidráulicos telescópicos
Suspensión delantera tipo	Independiente McPherson
Suspensión posterior tipo	Eje de torsión

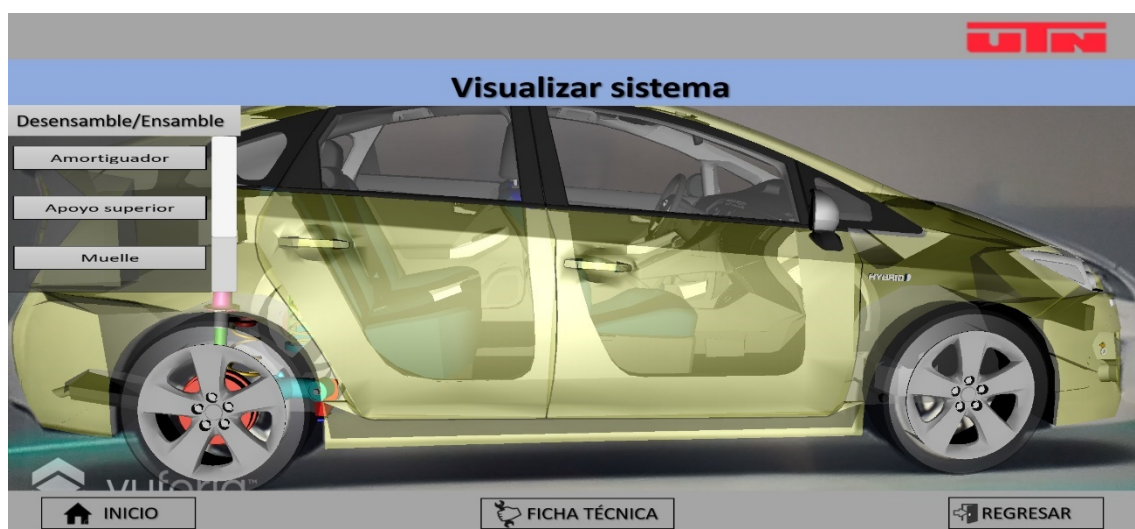
2.2 Suspensión con eje de torsión

Al presionar el botón “Suspensión con eje de torsión” se presenta la siguiente ventana.



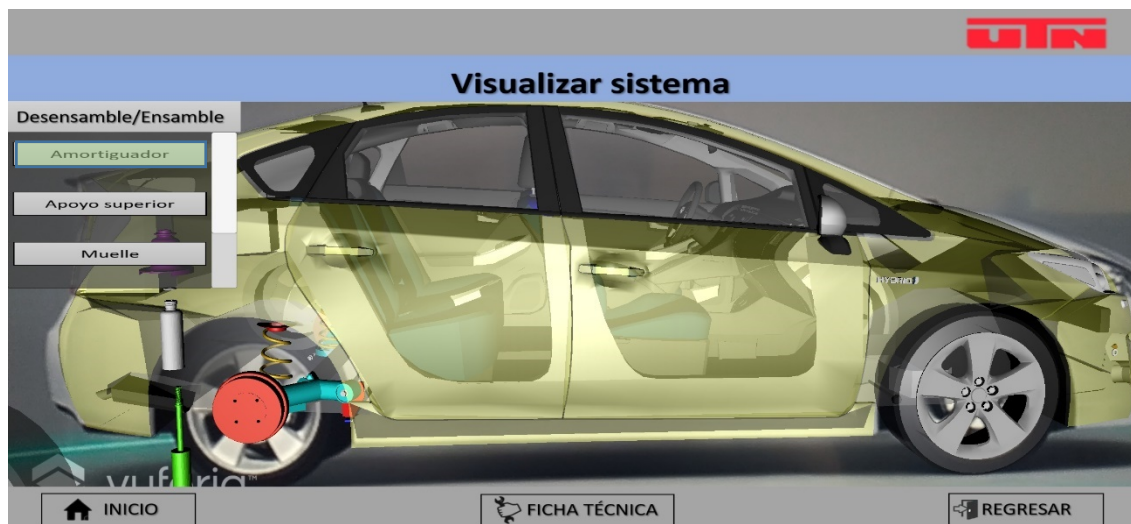
2.2.1 Visualizar sistema

Para visualizar este sistema de suspensión se debe hacer coincidir la silueta que se encuentra en la pantalla con el vehículo Toyota Prius, hasta que se presente una transposición virtual de este modelo de vehiculó sobre el real.



2.2.2 Desensamblable/Ensamble

En la parte izquierda se muestra un listado de las partes que conforman este sistema, al seleccionar una de ellas, se puede realizar un desensamblaje y ensamble virtual.



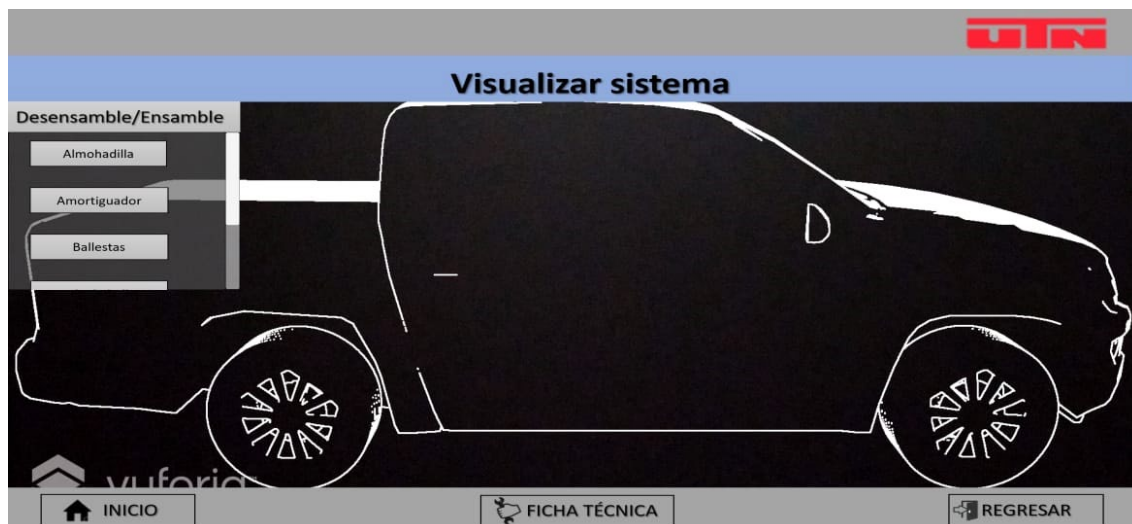
2.2.3 Ficha técnica

Presenta información técnica del vehículo Toyota Prius 2012.

Ficha técnica Toyota Prius	
Alimentación	Gasolina/Electricidad
Nro de Cilindros	4 (en línea)
Nro de válvulas	16
Relación de compresión	13:1
Sistema de encendido	Electrónico
Dirección	Hidráulica
Potencia (HP)	136
Suspensión amortiguadores	Hidráulicos telescópicos
Suspensión delantera tipo	Independiente McPherson
Suspensión posterior tipo	Eje de torsión

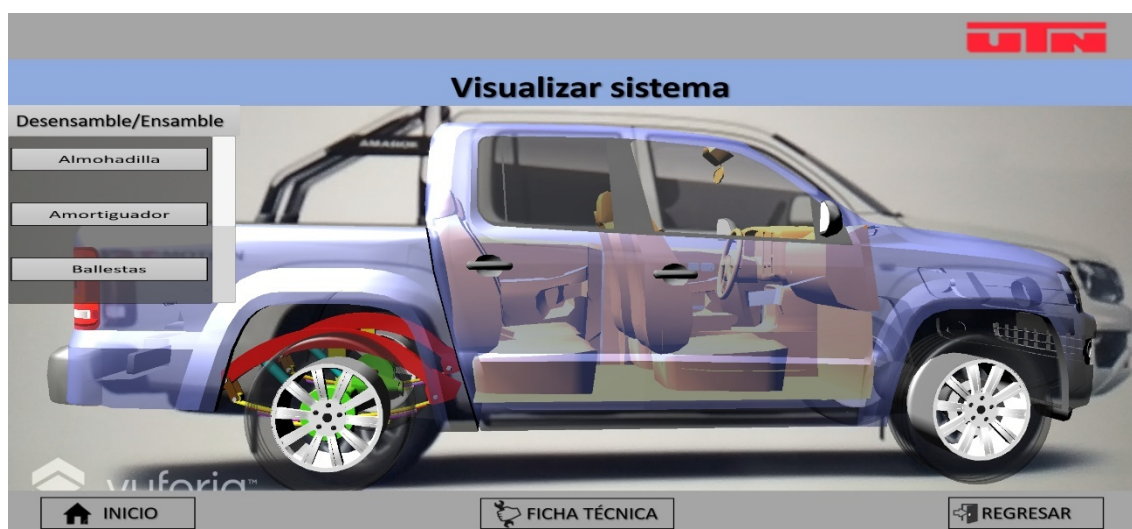
2.3 Suspensión de ballestas

Al presionar el botón “Suspensión de ballestas” se presenta la siguiente ventana.



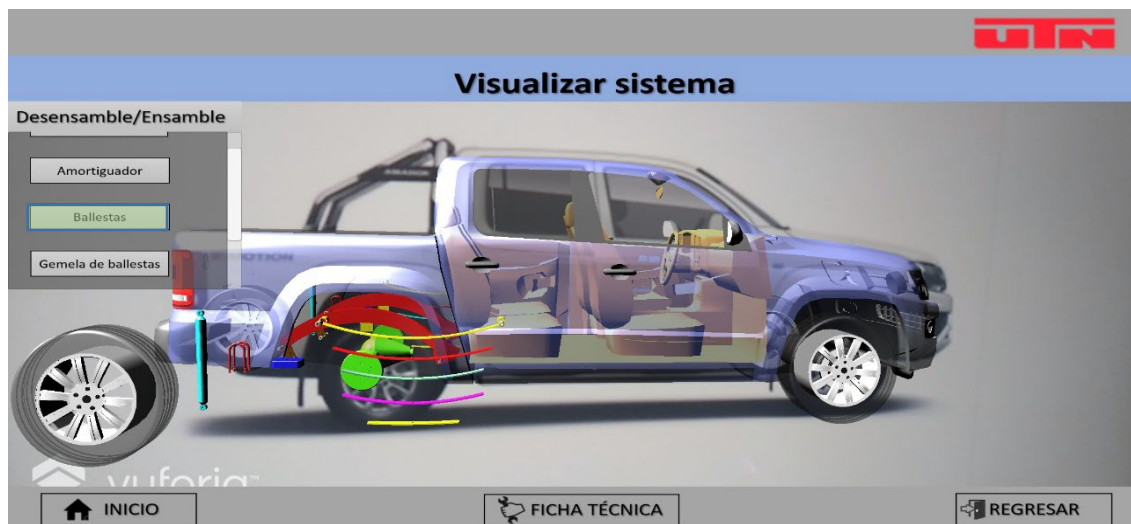
2.3.1 Visualizar sistema

Para proceder a visualizar este sistema de suspensión se debe hacer coincidir la silueta que se encuentra en la pantalla con la camioneta Volkswagen Amarok, hasta que se presente una transposición virtual de este modelo de vehículo sobre el real.



2.3.2 Desensamblable/Ensamble

En la parte izquierda se muestra un listado de las partes que conforman este sistema, al seleccionar una de ellas, se puede realizar un desensamblaje y ensamble virtual.

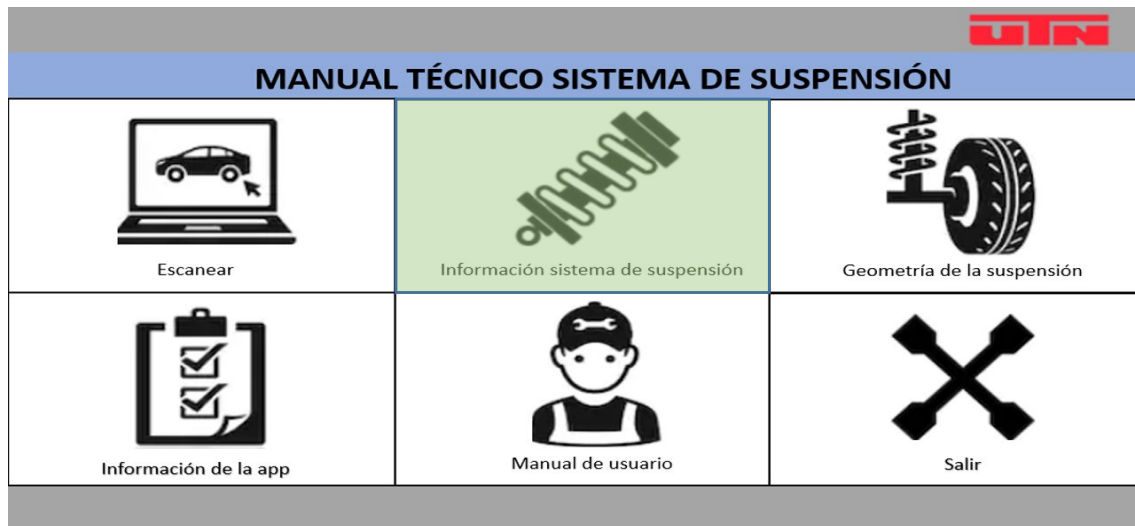


2.3.3 Ficha técnica

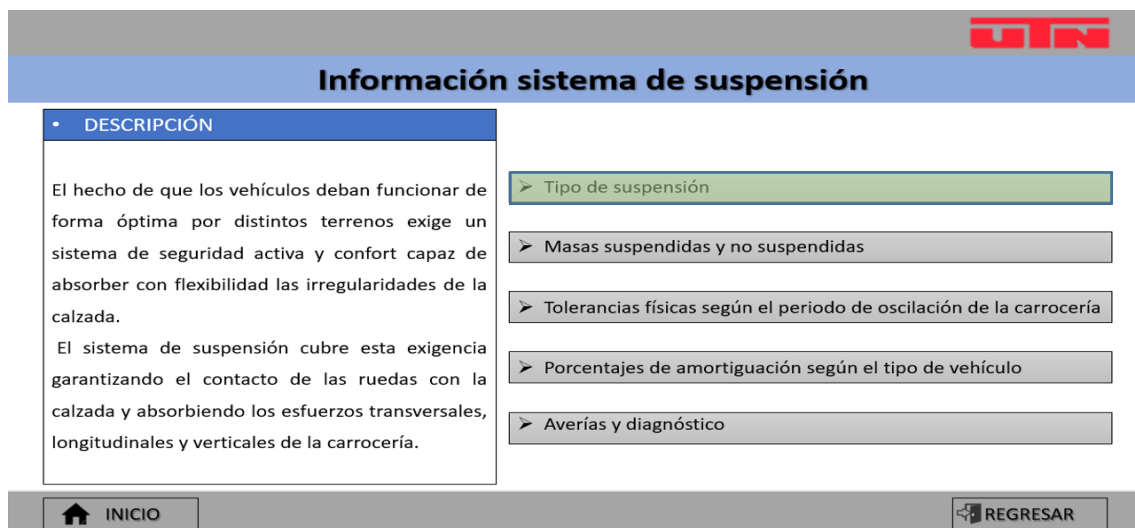
Presenta información técnica del vehículo Volkswagen Amarok.

Ficha técnica Volkswagen Amarok	
Alimentación	Diesel
Nro de Cilindros	4 (en línea)
Nro de válvulas	16
Inyección	Turbo Directa- Common Rail
Cilindraje	1.968 (cc)
Dirección	Hidráulica
Potencia (HP)	140
Suspensión delantera tipo	Independiente tipo McPherson de doble brazo
Suspensión posterior tipo	Eje rígido con ballestas

3 Información sistema de suspensión



Al hacer clic en el icono de “Información de suspensión” se despliega la siguiente ventana.



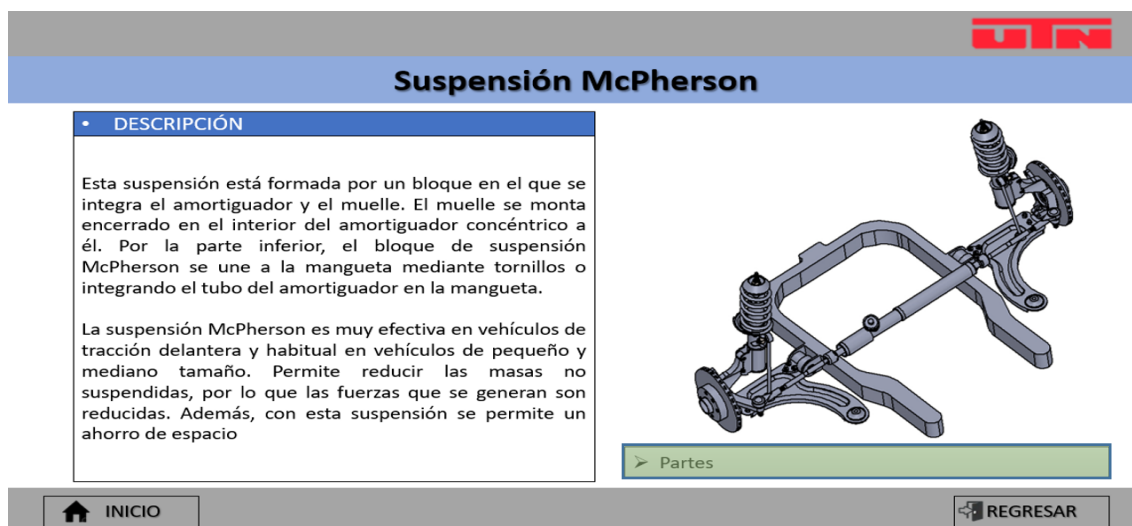
3.1 Tipos de suspensión

Al seleccionar la opción “Tipo de suspensión” se presenta la siguiente pantalla con los tres tipos de suspensión.



3.1.1 Suspensión McPherson


Al seleccionar la opción de “Suspensión McPherson” se presenta la siguiente ventana que contiene una breve descripción, al seleccionar la opción de partes se podrá encontrar la descripción de cada uno de los componentes que conforman el sistema y un botón que lleva a la visualización de todo el ensamble en 3D.



3.1.2 Suspensión eje de torsión

Al seleccionar la opción de “Suspensión con eje de torsión” se presenta la siguiente ventana que contiene una breve descripción, al seleccionar la opción de partes se podrá encontrar

la descripción de cada uno de los componentes que conforman el sistema y un botón que lleva a la visualización de todo el ensamble en 3D.

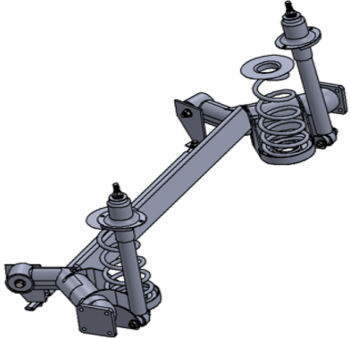


Suspensión con eje de torsión

• DESCRIPCIÓN

Este tipo de sistema se utilizan en automóviles pequeños y medianos. Se puede imaginar como un brazo de arrastre fijado al cuerpo de un casquillo, la estabilidad se corrige mediante una viga transversal, en forma de U que esta soldado con los brazos, el espiral está en posición vertical ubicado entre los brazos y el compacto del vehículo. El amortiguador está sujeto mediante un perno a los brazos al igual que la barra estabilizadora.

No hay cambio en los ángulos de convergencia y divergencia, debido a la carrera de la suspensión. Las ventajas de este sistema es que tiene un diseño simple, sencillez de montaje, elasticidad longitudinal razonable, masa no suspendida más pequeña que con un eje rígido y las desventajas son la baja rigidez del balanceo, no es apto para ejes motrices y las piezas se encuentran sometidas a grandes esfuerzos.



➤ Partes

INICIO

REGRESAR

3.1.3 Suspensión de ballestas

Al seleccionar la opción de “Suspensión de ballestas” se presenta la siguiente ventana que contiene una breve descripción, al seleccionar la opción de partes se podrá encontrar la descripción de cada uno de los componentes que conforman el sistema y un botón que lleva a la visualización de todo el ensamble en 3D.



Suspensión de ballestas

• DESCRIPCIÓN

Es una de las configuraciones mas típicas en los ejes posteriores motrices. El eje se encuentra anclado a dos ballestas semi-elípticas y recibe la transmisión del movimiento a través del árbol longitudinal de la transmisión.

Los muelles montados longitudinalmente están unidos al bastidor en sus extremos finales y con el eje ubicado en su punto central. Las ballestas son probablemente el sistema mas barato de todos los tipos de suspensión.




➤ Partes

INICIO

REGRESAR

3.2 Masas suspendidas y no suspendidas

Esta ventana presenta un concepto de masas suspendidas y no suspendidas.





Masas suspendidas y no suspendidas

DESCRIPCIÓN

Una masa suspendida es aquella que no está en contacto directo o indirecto con el firme y es soportada por el sistema de suspensión. En cambio, una masa no suspendida está en contacto directo o indirecto con el firme y siempre antes de que intervengan los órganos de suspensión.


Las masas no suspendidas influyen en el comportamiento y en las oscilaciones que se transmiten a la carrocería. Una menor inercia de estas masas reduce las sollicitaciones de golpes a que se someten los componentes y mejoran de forma importante el comportamiento de respuesta de la suspensión y, por tanto, el confort de la conducción.

Masas suspendidas	Masas intermedias	Masas no suspendidas
Carrocería	Brazos	Rueda
Motor	Tirantes	Frenos
Bastidor	Muelles	Mangueta
	Amortiguadores	



 INICIO
 REGRESAR

3.3 Tolerancias físicas según el periodo de oscilación de la carrocería

Esta ventana presenta datos técnicos sobre tolerancias y periodos de oscilación de una carrocería.






Tolerancias físicas según el periodo de oscilación de la carrocería			
Periodo de oscilación y frecuencia (seg/Hz)	Deflexión estática debido al propio peso del vehículo (mm)	Sensación de confort pasajeros	Tolerancia física
0,2 / 5	10,0	Muy mala	Intolerable
0,4 / 2,5	40,0	Muy mala	Intolerable
0,5 / 2	62,5	Suspensión deportiva	Tolerable por poco tiempo
0,9 / 1,1	200	Confortable	Tolerable indefinidamente
1,0 / 1,0	250	Confortable	Tolerable indefinidamente
1,26 / 0,8	400	Excesivamente confortable	Tendencia al mareo

 INICIO
 REGRESAR

3.4 Porcentajes de amortiguación según el tipo vehículo


Esta ventana presenta información sobre los porcentajes de amortiguación.

 Porcentajes de amortiguación según el tipo de vehículo	
Tipo vehículo	% Amortiguación crítica
Cómodo	15-25
Semi deportivo	25-30
Deportivo	30-35
Competición	35-40

 INICIO
  REGRESAR

3.5 Averías y diagnóstico



Esta ventana presenta tres opciones para conocer las averías y el diagnóstico de cada sistema suspensión.


Averías y diagnóstico

Suspensión McPherson



Suspensión con eje de torsión

Suspensión de ballestas

 INICIO
  REGRESAR



3.5.1 Suspensión McPherson

Esta ventana presenta información de averías y diagnósticos del sistema de suspensión McPherson del Vehículo Chevrolet Aveo Emotion.

Averías y diagnóstico sistema McPherson		
Condición	Causa posible	Operación
El vehículo se desvía de la trayectoria	Neumáticos dispares o desiguales	Reemplace los neumáticos
	Los neumáticos no están inflados correctamente	Ajuste la presión de inflado de los neumáticos
	Muelles helicoidales rotos o hundidos	Reemplace los muelles helicoidales
	Fuerza lateral del neumático radial	Reemplace el neumático
	Alineación de las ruedas desajustada	Compruebe y ajuste la alineación de las ruedas
	Arrastre del freno en una rueda	Repare el freno
	Piezas de la suspensión delantera o trasera flojas, dobladas o rotas	Apriete o remplace las piezas de la suspensión pertinente
Desgaste anormal o excesivo de		
<div>  INICIO <div>  REGRESAR </div> </div>		

3.5.2 Suspensión eje de torsión

Esta ventana presenta información de averías y diagnósticos del sistema de suspensión eje de torsión del Vehículo Toyota Prius.

Averías y diagnóstico de sistema con eje de torsión		
Condición	Causa	Operación
Desgaste anormal o excesivo de los neumáticos	Muelle helicoidal roto o hundido	Reemplace el muelle helicoidal
	Amortiguador defectuoso	Reemplace el amortiguador
	Conducción difícil	Reemplace los neumáticos
	Vehículo sobrecargado	Reemplace los neumáticos
Balanceo de la rueda	Abolladura o deformación en el neumático	Reemplace el neumático
	Funcionamiento incorrecto del amortiguador	Reemplace el amortiguador
Bamboleo, sacudida o vibración	Neumático o rueda desequilibradas	Equilibre la rueda o remplace el neumático y/o rueda
<div>  INICIO <div>  REGRESAR </div> </div>		

3.5.2 Eje de ballestas

Esta ventana presenta información de averías y diagnósticos del sistema de suspensión de ballestas de la camioneta Volkswagen Amarok.

Averías y diagnóstico del sistema de ballestas		
Condición	Causa	Operación
Inclinación de la carrocería	Resorte débil o roto	Reemplace el resorte
	Pasadores y bujes de grillete desgastados o desintegrados	Reemplace los pasadores y bujes de grillete
	Pasadores y bujes de grillete mal lubricados	Engrase los pasadores y bujes de grillete
	Pernos en U y soportes de resortes flojos	Apriete los pernos y soportes de resortes
	Pernos en U y soportes de resorte resquebrajados	Reemplace los pernos en U y soportes de resorte
	Bujes de los amortiguadores desintegrados	Reemplace los bujes de los amortiguadores
	Soportes de montaje defectuosos	Reemplace los soportes de montaje
Reducción de la altura sobre el	Resortes de hojas rotos	Reemplace los resortes de hojas

[INICIO](#)
[REGRESAR](#)

4 Geometría de la suspensión

En la siguiente ventana encontramos una definición sobre la geometría de la suspensión y opciones de los ángulos e información técnica de los mismos.

Geometría de la suspensión	
<div> <div>DESCRIPCIÓN</div> <p>Es importante que las medidas de los ángulos de la suspensión se encuentren bien calibrados ya que de estos depende la dirección del vehículo y del desgaste de los elementos que componen el sistema de suspensión.</p> </div>	<ul style="list-style-type: none"> > Ángulo de caída > Ángulo de salida > Ángulo de avance > Convergencia > Divergencia > Averías por fallas en los ángulos de las ruedas > Ejemplo de cotas de ángulos en un vehículo

[INICIO](#)
[REGRESAR](#)

4.1 Ángulo de caída

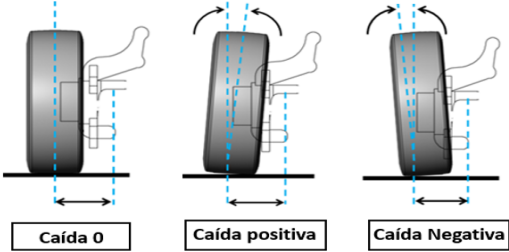
Esta ventana presenta una definición sobre el ángulo de caída e imágenes con los tipos de ángulos de caída que existen.

UTN

Ángulo de caída

• DESCRIPCIÓN

Se forma por la inclinación de la rueda respecto al plano vertical de esta. Este ángulo provoca una inclinación en la parte superior de la llanta, esto dependerá si existe la caída positiva o negativa. Es utilizado para el diseño de la suspensión y de la dirección.



Caída 0
Caída positiva
Caída Negativa

INICIO
 REGRESAR

4.2 Ángulo de salida

Esta ventana presenta una definición sobre el ángulo de salida e imágenes con los tipos de ángulos de salida que existen.

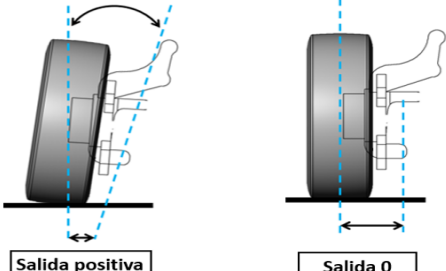
UTN

Ángulo de salida

• DESCRIPCIÓN

El ángulo de salida se forma con la inclinación del pivote de la dirección con respecto al eje vertical del neumático.

El eje de dirección es el plano sobre el que giran las ruedas para poder dirigir al vehículo, el objetivo del ángulo de salida es ayudar a que las ruedas se orienten y al momento de girar el movimiento sea suave. El ángulo de salida y de caída se encuentran vinculados a la mangueta y las ruedas.



Salida positiva
Salida 0

INICIO
 REGRESAR

4.3 Ángulo de avance

Esta ventana presenta una definición sobre el ángulo de avance e imágenes con los tipos de ángulos de avance que existen.

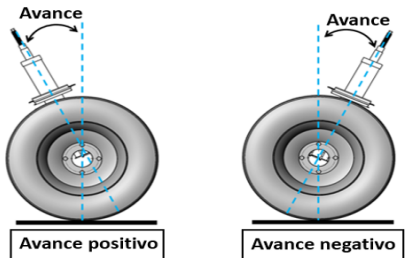
UTN

Ángulo de avance

DESCRIPCIÓN

Puede estar hacia delante o hacia atrás con respecto a la vertical, el ángulo se mide en grados los cuales pueden ser negativos o positivos, se dice que son positivos cuando la prolongación del pivote encuentra el terreno en un punto situado delante de la huella del neumático, y negativo cuando se encuentra al lado contrario.

Un ángulo de avance excesivo hace que la dirección se torne dura, mientras que un ángulo escaso hace que la dirección sea demasiado suave.



INICIO
REGRESAR

4.4 Convergencia

Esta ventana presenta una definición sobre convergencia y una imagen ilustrativa.

UTN

Convergencia

DESCRIPCIÓN


La convergencia es la medida que existe entre la parte delantera de los neumáticos y la parte trasera. Cuando el ángulo de convergencia es cero, se dice que están paralelos entre sí.



INICIO
REGRESAR

4.5 Divergencia

Esta ventana presenta una definición sobre divergencia y una imagen ilustrativa.

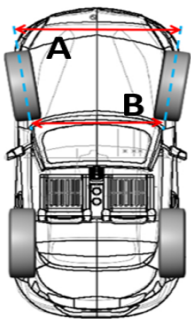


Divergencia



DESCRIPCIÓN

Los vehículos con tracción delantera suelen tener divergencia en el eje delantero. Las ruedas están abiertas, ya que con la tracción las ruedas tienden a cerrarse compensando la abertura inicial y rodando de forma paralela con convergencia 0.

El correcto radio de giro permite a las ruedas delanteras rodar sin arrastrarse en virajes, evitando desgaste y chirridos, para medir este ángulo con precisión se requiere que la convergencia este ajustada de acuerdo a las especificaciones.




$A > B$



 INICIO
 REGRESAR

4.6 Averías por fallas en los ángulos de las ruedas

Esta pantalla presenta información técnica sobre las fallas en los ángulos de las ruedas.





Averías por fallas en los ángulos de las ruedas		
Ángulo	Defectos	Consecuencias
Avance	Tiene menos avance en las dos ruedas	<ul style="list-style-type: none"> Mal retorno de la dirección. Flotación del vehículo (falta de estabilidad de la dirección).
	Tiene más avance en las dos ruedas	<ul style="list-style-type: none"> Dirección dura, inestable en curvas. Retroceso excesivo.
	Desigualmente repartido	<ul style="list-style-type: none"> Tracción hacia el lado donde el ángulo es menor. Inestabilidad de la dirección.
Caída	Tiene menos caída en las dos ruedas	<ul style="list-style-type: none"> Reacciones en la dirección.
	Tiene más caída en las dos ruedas	<ul style="list-style-type: none"> Desgaste del borde exterior de las dos

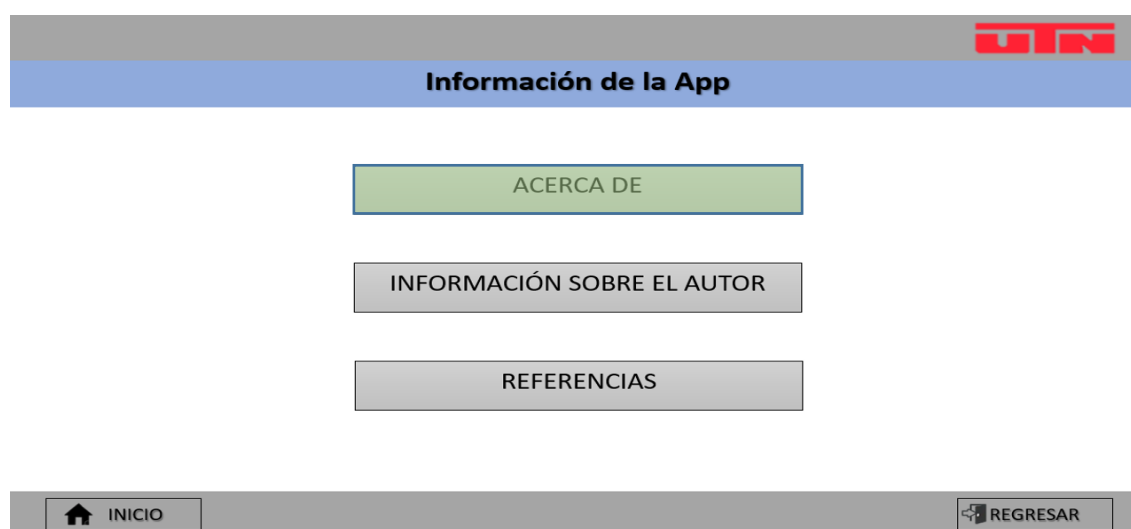
 INICIO
 REGRESAR

4.7 Ejemplo de cotas de los ángulos en un vehículo

Esta ventana muestra ejemplos de cotas de los ángulos en un vehículo.

Ejemplo de cotas de ángulos en un vehículo			
	Tren de rodaje estándar	Tren de rodaje deportivo	Tren de rodaje carreteras en malas condiciones
A cada tren de rodaje se le asignan los valores de ajuste correspondientes en función del número PR de la suspensión del eje delantero			
Convergencia total - ajustable	$+10' \pm 10'$		
Ángulo de convergencia en viraje de 20° , en la rueda interior de la curva	$-1^\circ 32' \pm 20'$	$-1^\circ 32' \pm 20'$	$-1^\circ 28' \pm 20'$
<div>  INICIO  REGRESAR </div>			

Esta pantalla contiene tres botones: “ACERCA DE”, “INFORMACIÓN SOBRE EL AUTOR” y “REFERENCIAS”.



5 Información de la app

5.1 Acerca de

Esta sección muestra el propósito por el cual se creó la aplicación.



Acerca de la aplicación

En la actualidad las marcas automotrices se encuentran en constante desarrollo, creando nuevos avances tecnológicos, es importante la formación constante de los mecánicos.

Cuando se realiza la capacitación del personal encargado del mantenimiento técnico del vehículo, se complica visualizar el sistema que se desea mostrar, es por eso necesario el desmontaje completo del mismo. Existe la necesidad de crear un manual de mantenimiento técnico basado en realidad aumentada para agilizar los procesos de enseñanza y optimizar recursos.

INICIO

REGRESAR

5.2 Información sobre el autor

Esta sección contiene información sobre el autor.



Información sobre el autor

Pablo Steven Cuertán Ponce

Ingeniería en mantenimiento automotriz

Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas

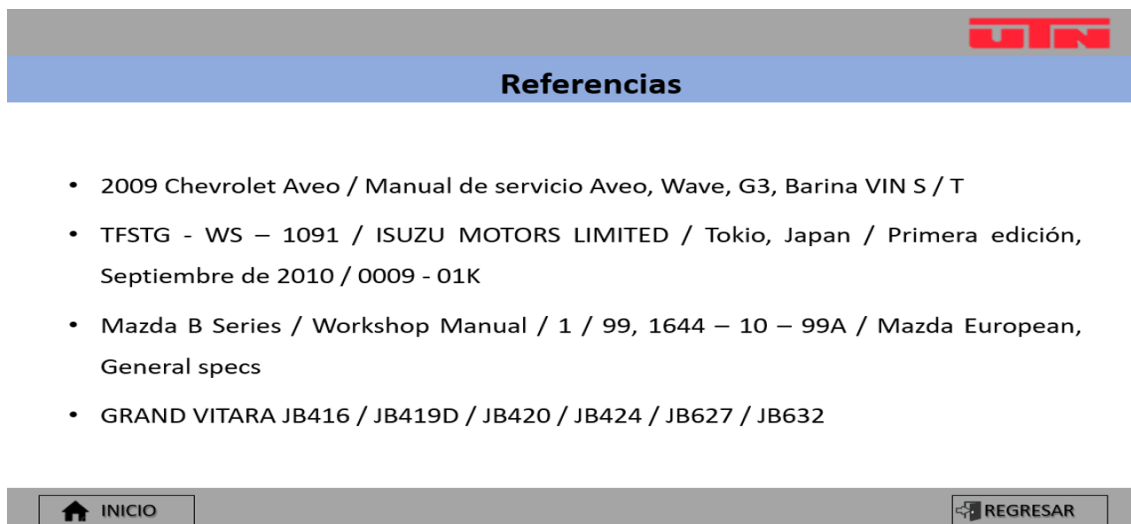
pscuertanp@utn.edu.ec

INICIO

REGRESAR

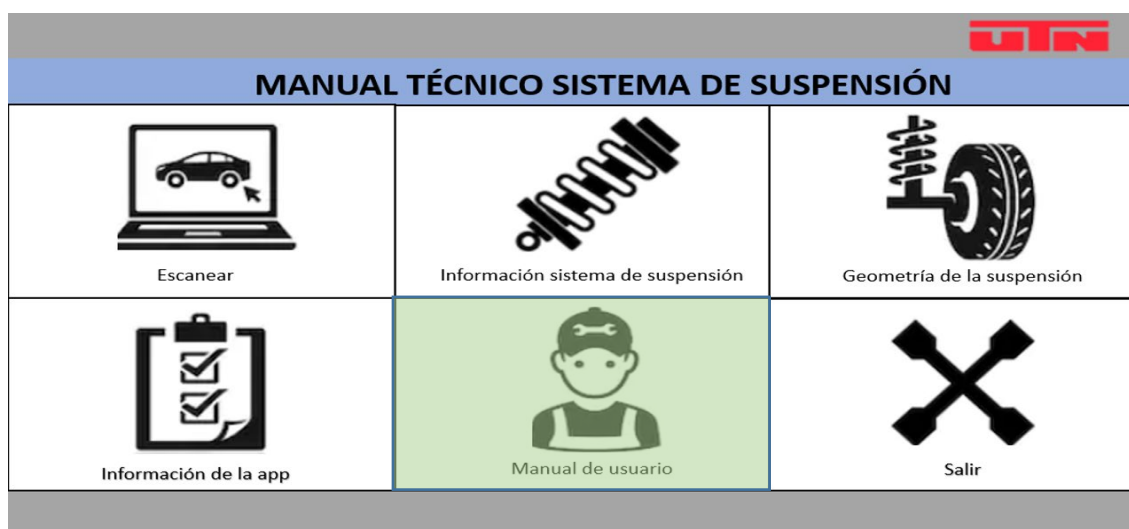
5.3 Referencias

En esta parte se muestra las referencias sobre los manuales que se utilizaron para el desarrollo de esta aplicación.









6 Manual de usuario

Despliega el manual de usuario para conocer el uso adecuado de la aplicación.



7 Consideraciones finales

Es importante cerrar la aplicación de una manera adecuada, una vez finalizado el uso es preciso dar clic sobre el botón “Salir” que se encuentra ubicado en la pantalla principal.

MANUAL TÉCNICO SISTEMA DE SUSPENSIÓN		
 Escanear	 Información sistema de suspensión	 Geometría de la suspensión
 Información de la app	 Manual de usuario	 Salir